Die Grundlagen unserer Zeitrechnung

Alfred Baruch

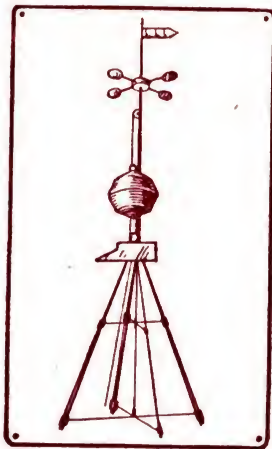

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

MATHEMATISCH-
[redacted]HYSIKALISCHE BIBLIOTHEK

BAND 29

A. BARUCH

DIE GRUNDLAGEN [redacted]NSERER ZEITRECHNUNG



[redacted]ERLAG B.G.TEUBNER LEIPZIG UND BERLIN

MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE
BIBLIOTHEK
HERAUSGEGEBEN VON W. LIETZMANN UND A. WITTING
29

DIE GRUNDLAGEN UNSERER ZEITRECHNUNG

VON

DR. ALFRED BARUCH
OBERLEHRER AM
SOPHIEN-REALGYMNASIUM IN BERLIN

MIT 10 FIGUREN IM TEXT



1918
LEIPZIG UND BERLIN
VERLAG UND DRUCK VON B. G. TEUBNER



VORWORT

Den äußeren Anlaß zur Herausgabe dieses Bändchens hat die Einführung der Sommerzeit in Deutschland gegeben, die bekanntlich erstmalig im Jahre 1916 erfolgte. Es will weiteren Kreisen, in denen zumeist nur recht unklare Vorstellungen über die Fragen unserer Zeitbestimmung vorhanden sind, in leicht verständlicher Weise zeigen, wie die scheinbare Bewegung der Sonne zu der Zeitbestimmung geführt hat, die wir die *bürgerliche Zeit* nennen. Um die Darstellung möglichst anschaulich zu gestalten, ist sie auf die Beobachtung der Vorgänge am Himmel aufgebaut, mathematische Berechnungen und theoretische Betrachtungen schwieriger Art sind vermieden worden.

Berlin, März 1918.

Der Verfasser.

INHALTSVERZEICHNIS

ERSTER ABSCHNITT

STERNZEIT

1. Das Himmelsgewölbe. Den Ausgangspunkt für unsere Zeitbestimmung bildet seit Bestehen menschlicher Kultur die Bewegung der Gestirne, insbesondere der Sonne. Ihr vor unseren Augen sich periodisch wiederholender Lauf hat den ersten natürlichen Zeitabschnitt, den *Tag,* bestimmt. Daneben haben wir seinen vierundzwanzigsten Teil, die *Stunde,* als Zeiteinheit eingeführt, die den Bedürfnissen des bürgerlichen Lebens mehr entspricht als der hierfür zu lange Tag. Zu der kulturgeschichtlich wichtigen Frage, wie gerade die 24-Teilung des Tages zur *Stunde* geführt hat, wollen wir nur beiläufig erwähnen, daß wir sie aus der 6-Teilung des Tages der Babylonier durch zweimalige Halbierung ableiten können.[1]) Die weitere Unterteilung der Stunde in 60 Minuten zu je 60 Sekunden hängt ebenfalls mit dem Sexagesimalsystem der Babylonier zusammen.

So einfach hiernach auf den ersten Blick die Festsetzung unserer Zeiteinheit erscheinen mag, so enthält sie doch eine Reihe von Schwierigkeiten, zu deren Überwindung eine genaue Kenntnis der Bewegung der Gestirne gehört. Wir wollen uns daher mit dieser Bewegung zunächst etwas näher beschäftigen.

Bei der Bewegung der Gestirne haben wir zu unterscheiden zwischen der scheinbaren und der wirklichen Bewegung. Während sich in Wirklichkeit die Erde im Laufe eines Tages einmal um ihre Achse dreht, haben wir den Eindruck, als ob die Sonne sich um die Erde bewegt.[2]) Uns scheint die Erde stillzustehen, und die Sonne und die anderen Gestirne scheinen um sie zu wandern. Diese letzte Auffassungsart ist in mancher

1) Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt, den Tag anders einzuteilen, z. B. in 100 Teile. Vgl. die interessante Schrift: I. C. Barolin, Der Hundertstundentag, Wien und Leipzig 1914, Braumüller.

2) Vgl. hierzu Bändchen 17 dieser Sammlung: W. Brunner, Dreht sich die Erde?

Hinsicht bequemer, und wir wollen sie beibehalten, da sich durch sie eine einwandfreie Zeitbestimmung herbeiführen läßt. Das soll uns indessen nicht hindern, gelegentlich auf die wirkliche Bewegung als die Ursache für die von uns wahrgenommenen Erscheinungen zurückzukommen.

Zunächst einmal einige Zahlen. Der Äquatorhalbmesser der Erde beträgt 6377 km, ihre Entfernung von der Sonne dagegen rund 149,5 Millionen km. Noch viel weiter ist die Erde von den Fixsternen entfernt. Der uns nächste Fixstern liegt in dem Sternbilde des Centaurus, das nur am südlichen Sternhimmel sichtbar ist. Seine Entfernung geben die Astronomen auf 40 Billionen km an; er ist also 265000mal so weit von der Erde entfernt wie die Sonne. Während jede Lichtveränderung auf der Sonne erst nach 8 Minuten auf der Erde wahrgenommen wird, wird eine Lichtveränderung auf besagtem Fixstern erst nach 4 Jahren bei uns bemerkt.[1]) Am nördlichen Sternhimmel ist der uns nächste Fixstern der durch sein Funkeln so charakteristische Sirius. Er ist 543000 mal so weit von der Erde entfernt wie die Sonne. Sein Licht gebraucht rund 8 Jahre, um zu uns zu kommen.

Wir wollen uns diese Zahlen in anderer Weise klarmachen. Wollte man die Erde und die Gestirne an einem Modell oder zeichnerisch darstellen, und wählte man als Entfernung zwischen Erde und Sonne eine Strecke von 10 cm, so müßte die Entfernung zwischen der Erde und den Fixsternen mindestens $26\frac{1}{2}$ km betragen, wohingegen der Durchmesser der Erde $\frac{1}{100}$ mm lang würde. Wir erkennen daraus, daß wir die Erde als Punkt annehmen können, wenn wir zur anschaulichen Beschreibung der Vorgänge am Himmel schreiten.

Wir stellen uns das Himmelsgewölbe als Kugel und die Erde als ihren Mittelpunkt vor. Wenn wir auf freiem, ebenem Lande oder auf dem Meere den Blick nach allen Seiten schweifen lassen, scheinen sich Himmelsgewölbe und Erde in einem Kreise zu treffen. Diesen Kreis nennen wir den Horizont des Beobachtungsortes. Die höchste Stelle des Himmelsgewölbes, wo ein in dem Beobachtungsort auf der Horizontalebene errichtetes Lot dieses treffen würde, heißt der *Zenit.* Jede durch den Zenit gehende vertikale Ebene schneidet das Himmelsgewölbe in einem Kreise, den wir *Vertikalkreis* nennen wollen.

1) Bekanntlich beträgt die Lichtgeschwindigkeit 300000 km in der Sekunde.

In der Fig. 1 haben wir sechs solche Vertikalkreise unter Winkeln von 30° in senkrechter Parallelprojektion gezeichnet. Der Umriß des Himmelsgewölbes erscheint dabei als Halbkreis mit dem Beobachtungsorte *M* als Mittelpunkt. Der Horizont stellt sich als die Ellipse *HH'* dar, das in dem Punkte *M* auf der Horizontalebene errichtete Lot trifft das Himmelsgewölbe in dem Zenit *Z*. Die Vertikalkreise gehen natürlich sämtlich durch *Z* und erscheinen in der Projektion ebenfalls als Ellipsen. Ihre Schnittpunkte mit dem Horizont liegen in Wirklichkeit gleich weit voneinander entfernt.

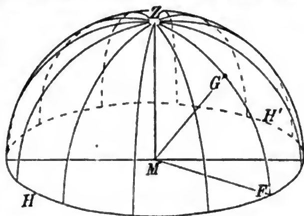


Fig 1.

Wir sehen nun jeden Tag die Sonne über dem Horizont aufsteigen, einen schiefen, d. h. gegen die Vertikalkreise geneigten Bogen am Himmel beschreiben und am Abend auf der entgegengesetzten Seite unter dem Horizont untergehen. In ähnlicher Weise vollzieht sich der tägliche Lauf der übrigen Gestirne, mit dem einzigen Unterschiede, daß nicht alle unter dem Horizont verschwinden. Es gibt eine ganze Reihe von Sternen, die Tag und Nacht über dem Horizont stehen, wenn sie auch bei Tage durch die allgemeine Helligkeit dem Auge des Beobachters entgehen. Zu ihnen gehört in unseren geographischen Breiten zum Beispiel das Sternbild des Großen Bären. Solche Sterne heißen aus einem gleich näher zu erläuternden Grunde *Zirkumpolarsterne.*

Bei den Sternen fällt uns weiter auf, daß die meisten unter ihnen ihre gegenseitige Lage nicht zu ändern scheinen. Sie heißen daher *Fixsterne,* im Gegensatz zu den *Planeten* oder *Wandelsternen,* die eine eigene Bewegung haben. Die Fixsterne erscheinen uns gewissermaßen an dem Himmel angeheftet, und wir haben daher den Eindruck, als ob das ganze Himmelsgewölbe sich um uns drehte.

Eine Stelle an dem uns sichtbaren Teil des Himmels nimmt an der Drehung des Himmels nicht teil. Sie heißt der *Himmelspol,* und zwar der Nordpol, und liegt in der Nähe des Nordpolarsternes. Ihr entspricht auf der südlichen Erdhälfte eine ebensolche Stelle am Himmel, der Südpol. Um die Verbindungslinie beider Pole, die *Weltachse,* findet nun die tägliche Bewegung der Gestirne statt. Die nahe dem Nordpol stehenden Sterne bleiben dabei ganz über dem Horizont, sie be-

wegen sich auf Kreisen um den Nordpol herum. Daraus erklärt sich der Name Zirkumpolarsterne.

2. Die Bestimmung der Lage eines Sternes. Wir haben vorhin den Zenit als die höchste Stelle des Himmelsgewölbes bezeichnet. Wir sagen weiter, die Sonne steht am Abend niedrig, um die Mittagszeit dagegen hoch, sie steht im Sommer höher als im Winter. Kurzum, wir reden von der *Höhe* der Gestirne und meinen damit die Erhebung über dem Horizont. Genauer können wir so sagen:

Unter der Höhe eines Sternes verstehen wir das Stück des durch ihn hindurchgehenden Vertikalkreises, das zwischen dem Stern und dem Horizont liegt.

In der Fig. 1 ist ein Stern G gezeichnet. Seine Höhe ist der Bogen GF, der durch den Winkel FMG gemessen wird. Die Höhe wird also durch einen Winkel angegeben, dessen einer Schenkel horizontal und dessen anderer Schenkel nach dem Stern gerichtet ist.

Zur Messung der Höhenwinkel dient der *Theodolit.* Dieses wichtige Instrument besteht im wesentlichen aus einem horizontalen Grundkreise, einem vertikalen Kreise und einem Fernrohr mit Fadenkreuz, dessen Schnittpunkt gerade auf der Achse des Fernrohrs liegt (Fig. 2). Die Ebene des vertikalen Kreises ist um die Vertikale MO drehbar, ihre jeweilige Stellung zur Horizontalebene kann aus der Richtung der mit ihr parallelen Geraden AB bestimmt werden. Das Fernrohr FF' kann um eine durch O gehende horizontale Gerade gedreht werden, seine Achse ist stets der vertikalen Kreisebene parallel. Horizontal- und Vertikalkreis tragen auf ihrem Umfange Gradteilungen. Auf dem Vertikalkreis beginnt die Zählung von der horizontalen Richtung, auf dem Horizontalkreis von einer beliebigen Stelle aus.

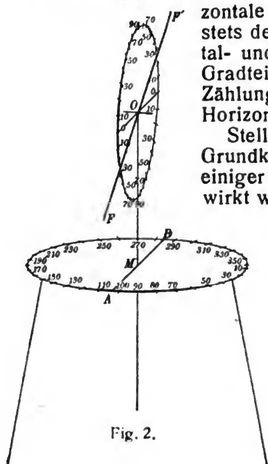


Fig. 2.

Stellt man das Instrument so auf, daß sein Grundkreis genau horizontal steht, was mittels einiger Stellschrauben und einer Wasserwage bewirkt werden kann, so richtet man durch Drehen der Vertikalkreisebene und Neigen des Fernrohrs letzteres nach dem zu beobachtenden Stern und kann an dem Vertikalkreis sofort die Höhe ablesen.

Von besonderer Bedeutung ist die Bestimmung der Höhe eines Sternes zu der Zeit, wo diese ihren größten oder kleinsten Wert hat. Man spricht alsdann von der *Kulmination des Sternes* und unterscheidet die obere und die untere Kulmination. Letztere

kann allerdings nur bei den Zirkumpolarsternen beobachtet werden. Es zeigt sich dabei, daß sämtliche Sterne zur Zeit ihrer Kulmination für einen bestimmten Ort auf einem und demselben Vertikalkreise liegen. Man nennt diesen so ausgezeichneten Vertikalkreis die *Mittagslinie* oder den *Meridian* des betreffenden Ortes. *Ein Stern geht durch den Meridian,* besagt demnach nichts anderes als: *er kulminiert.* (Vgl. über Meridian auch S. 13.)

Um den Zeitpunkt der Kulmination eines Sternes genau bestimmen zu können, befindet sich auf jeder Sternwarte ein Fernrohr, das nur in der Ebene des Meridians um eine horizontale Achse gedreht werden kann. Man nennt es das *Meridianfernrohr* oder kurz *Mittagsrohr.*

Wenn man mit dem Mittagsrohr die Höhe des Poles an dem Beobachtungsorte bestimmt, so zeigt sich die auf den ersten Blick überraschende Tatsache, *daß die Polhöhe stets gleich der geographischen Breite des Ortes ist.*[1]) Ihre Erklärung findet aber diese Tatsache sofort, wenn wir uns erinnern, daß wir ja am Himmel nur scheinbare Bewegungen betrachten.

In Wirklichkeit dreht sich nämlich die Erde um ihre Achse, und die Fixsterne und die Sonne stehen still. Die Himmelspole sind nichts anderes als die Stellen, wo die Verlängerungen der Erdachse das Himmelsgewölbe schneiden.

In der Fig. 3 soll der um M gezeichnete Kreis die Erde darstellen, N sei der Nordpol, S der Südpol, AA' der Äquator. O sei ein Ort von der geographischen Breite φ, dann ist $\sphericalangle OMA = \varphi$. Die in O an den Kreis gezogene Tangente stellt den Horizont HH' des Ortes dar. Durch O ziehen wir nach dem Himmelspol P eine Gerade, die wegen der Größe der Entfernung des Punktes P von O und der Kleinheit der Erde parallel zur Erdachse NS verläuft. Wir nehmen an, daß die Zeichenebene gerade die Ebene des Meridians des Ortes ist; dann ist $\sphericalangle HOP$, die Polhöhe, offenbar gleich φ, weil die Schenkel beider Winkel aufeinander senkrecht stehen.

Damit ist also die Übereinstimmung der Polhöhe mit der geographischen Breite erklärt.

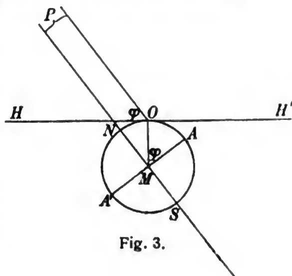


Fig. 3.

1) Wir erinnern daran, daß die geographische Breite eines Ortes der im Winkelmaß angegebene Abstand vom Äquator ist.

Durch den Meridian erhalten wir auch unsere Orientierung auf dem Horizont Wir nennen die Schnittlinie der Meridianebene mit der Horizontebene die Nordsüdlinie des betreffenden Ortes und rechnen Süden nach der Seite, auf der die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination steht. Die Schatten vertikaler Geraden fallen alsdann genau nach Norden. Blicken wir nach Norden, dann ist bekanntlich rechts von uns Osten, links Westen. Daraus ergeben sich alle weiteren Zwischenrichtungen, die sich zu dem Bild der Windrose zusammensetzen.

Darauf, daß die Schatten vertikaler Geraden auf einer horizontalen Ebene zur Mittagszeit nach Norden fallen, beruht eine einfache Methode, die Nordsüdrichtung zu bestimmen.

Wir zeichnen dazu auf ein Blatt Papier eine Anzahl konzentrischer Kreise mit wenig voneinander verschiedenen Halbmessern und legen es auf eine von der Sonne beschienene, genau horizontale Ebene. In dem Mittelpunkt der Kreise befestigen wir eine Nadel in vertikaler Stellung. Wir kennzeichnen nun zu verschiedenen Stunden des Vormittags und des Nachmittags auf dem Blatt Papier die Punkte, wohin der Schatten der Nadelspitze fällt. Dann wird sich zeigen, daß jeder Kreis zweimal von der durch die Gesamtheit der einzelnen Schattenpunkte sich ergebenden Schattenkurve geschnitten wird. Die Halbierungspunkte der Verbindungslinien entsprechender Kreispunkte liegen nun sämtlich auf einer Geraden, nämlich der gesuchten Nordsüdrichtung.

Ist diese Richtung einmal ermittelt, dann kann man dieselbe Vorrichtung auch dazu benutzen, den Augenblick zu bestimmen, an dem die Sonne gerade durch den Meridian geht, und ferner aus der Länge der Nadel und des Schattens ihre Höhe zu dieser Zeit. Damit erweist sich unsere Vorrichtung als ein uraltes astronomisches Instrument, *Gnomon*[1]) genannt, das wir als Vorläufer unserer Uhren ansehen können.

Auch mit dem Kompaß können wir die Nordsüdrichtung bestimmen, nur müssen wir dabei bedenken, daß die Magnetnadel in Deutschland von dieser Richtung um ungefähr 10^0 nach Westen abweicht. In den Kompassen pflegt man diese Ab-

---

1) Gnomon ist ein griechisches Wort und bedeutet übersetzt „Anzeiger". Näheres in dem Bändchen „Gnomone und Sonnenuhren" von J. Drecker, das demnächst in dieser Sammlung erscheinen wird.

weichung durch einen kleinen Pfeil anzugeben. Das soll heißen, bringt man die Magnetnadel in die Richtung des Pfeiles, so gibt die in dem Kompaß verzeichnete Windrose die richtigen Himmelsrichtungen an. Mit der Benutzung des Kompasses muß man aber vorsichtig sein, wenn man genaue Bestimmungen ausführen will. Es ändert sich nämlich die Abweichung sowohl zeitlich als auch örtlich. Das ist für den Seemann besonders von Bedeutung, für den der Kompaß zur Innehaltung des Schiffskurses eine sehr wichtige Rolle spielt.

Endlich wollen wir auch noch eine dritte Art zur Bestimmung der Nordsüdrichtung erwähnen, nämlich mittels der Uhr. Häufig wird folgende Regel angegeben: Hält man eine Taschenuhr horizontal, das Zifferblatt nach oben, so daß der kleine Zeiger nach der Sonne zeigt, dann liegt die Richtung nach Norden in der Mitte zwischen der Stellung des kleinen Zeigers und der Zahl 12 des Zifferblattes. Wir werden später noch einmal auf diese Regel zurückkommen und wollen an dieser Stelle nur bemerken, daß sie leider nicht richtig ist, ebensowenig wie viele ähnliche Uhrregeln, die man gelegentlich nennen hört. (Vgl. S. 50.)

Um nun zu irgendeiner Zeit den Ort eines Sternes am Himmel zu bestimmen, können wir folgendermaßen verfahren: Wir richten das Fernrohr des Theodoliten auf den Stern und bestimmen seine Höhe und die Stellung des durch ihn gehenden Vertikalkreises. Letzteres geschieht durch Angabe des Winkels, den die Schnittgerade AB (Fig. 2) der Vertikalkreisebene und der horizontalen Grundkreisebene mit der Nordsüdrichtung bilden. Diesen Winkel nennt man das *Azimut,* man rechnet ihn gewöhnlich vom Nordpunkte aus über Osten nach Süden und so weiter von 0^0 bis 360^0. Wir erkennen daraus, daß die Lage eines Sternes durch die Angabe seiner Höhe und seines Azimuts vollständig bestimmt ist.

3. **Der tägliche Kreislauf der Gestirne.** Wenn wir einige Zeit hindurch die Bewegung eines Sternes mit dem Fernrohr des Theodoliten verfolgen, so werden wir finden, daß sich sowohl Höhe als auch Azimut ständig verändern. Diese Größen eignen sich also nicht recht, um eine einfache Beziehung zwischen der Bewegung der Gestirne und der Zeit herzustellen.

Wir wollen uns nun aber vorstellen, wir bewirkten durch Veränderung des dreibeinigen Stativs, auf dem der Grundkreis befestigt ist, daß die Grundkreisebene nicht mehr horizontal, sondern geneigt ist derart, daß die Senkrechte zur Grundkreisebene (in der Figur ist sie mit *MO* bezeichnet) nach dem Himmelspol gerichtet ist.

Wir wollen noch ein paar Bezeichnungen einführen. Wir erinnern uns, daß die Himmelspole eigentlich die Stellen sind, wo die Verlängerungen der Erdachse das Himmelsgewölbe treffen würden, und daß man diese Achse in ihrer ganzen Ausdehnung die *Weltachse* nennt. (Vgl. S. 3.) Weiter bezeichnet man den Kreis, in dem die nach allen Seiten ausgedehnt gedachte Äquatorebene das Himmelsgewölbe schneiden würde, als den *Himmelsäquator.* Er teilt das Himmelsgewölbe in eine nördliche und eine südliche Halbkugel. Nun können wir auch so sagen: Wir stellen den Theodoliten so auf, daß die zu dem Grundkreis des Theodoliten senkrechte Gerade *MO* in die Richtung der Weltachse fällt. Dann ist von selbst die Grundkreisebene parallel zum Äquator. Der früher vertikale Kreis, an dem die Höhen abgelesen wurden, ist jetzt nur noch in einer einzigen Stellung vertikal, nämlich dann, wenn seine Ebene mit der Meridianebene zusammenfällt. Sodann bleibt auch das Fernrohr bei dem Neigen stets der Meridianebene parallel, es ist also als Mittagsrohr zu verwenden. Wir wollen dies nur beiläufig bemerken.

Wir können auch in der neuen Aufstellung den Theodoliten zur Beobachtung von Sternbewegungen benutzen. Allerdings lassen sich dann die Höhe und das Azimut eines Sternes nicht bestimmen, wohl aber zwei andere, den vorigen entsprechende Größen. Die eine von ihnen heißt die *Deklination des Sternes;* sie wird gerade so abgelesen wie vordem die Höhe. Die Nullinie ist aber jetzt parallel der Äquatorebene. *Während also die Höhe die Erhebung über dem Horizont war, ist die Deklination die Erhebung über dem Äquator.* Sie wird positiv oder negativ gerechnet, je nachdem sich der Stern von uns aus gerechnet über oder unter dem Äquator befindet, oder, wie man sagt, auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel.

Die andere Größe heißt wegen ihrer von uns bald zu erörternden Beziehung zur Zeit der *Stundenwinkel. Der Stun-*

denwinkel wird in entsprechender Weise auf dem Grundkreis des Theodoliten abgelesen wie das Azimut. Wir wollen für jeden durch die Himmelspole gehenden (zur Grundkreisebene senkrechten) Kreis der Himmelskugel den Namen *Stundenkreis* einführen.

Dann ist der Stundenwinkel der Winkel, den die Schnittlinie AB (Fig. 2) des Stundenkreises und des Grundkreises mit einer in der Ebene des letzteren festgelegten Ausgangsrichtung bildet. Als Ausgangsrichtung wählen die Astronomen die Schnittlinie der Meridian- und der Äquatorebene. Sie zählen den Stundenwinkel eines Sternes von dem Augenblicke seiner oberen Kulmination an in der Richtung seiner scheinbaren Bewegung von 0^0 bis 360^0.

Wir wollen nun geradeso wie vorher die Bewegung eines Fixsternes eine Zeitlang mit dem Fernrohr verfolgen. Während aber früher dabei sowohl die Stellung des Vertikalkreises als auch die Neigung des Fernrohres verändert werden mußte, kann jetzt, nachdem wir das Fernrohr erst einmal auf den Stern gerichtet haben, der Winkel, der die Deklination mißt, unverändert gelassen werden, und wir brauchen nur den Stundenkreis um die Gerade MO (Fig. 2) langsam zu drehen. Wir werden stets dasselbe Ergebnis finden, mit welchem Fixstern wir auch den Versuch wiederholen. Ja noch mehr, wir können am nächsten oder einem anderen Tage denselben Stern im Fernrohr wiederfinden, wenn wir dieses auf die gleiche Deklination einstellen und dann nur den Stundenkreis in eine passende Stellung bringen. Wir sind somit hinsichtlich der Bewegung der Gestirne zu folgenden Ergebnissen gekommen:

Die Fixsterne bewegen sich scheinbar auf Kreisen parallel zum Äquator. Die Mittelpunkte dieser Kreise liegen auf der Weltachse. Jeder Stern durchläuft jeden Tag denselben Kreis.

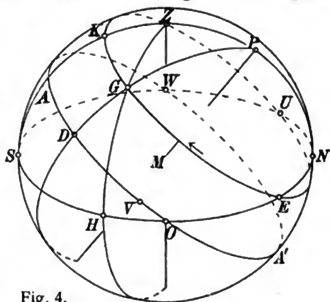


Fig. 4.

In Fig. 4 haben wir die Himmelskugel mit den auf ihr gedachten Kreisen und Punkten in senkrechter Pro-

jektion dargestellt. Der Mittelpunkt der Kugel ist die Erde *M*. Der Horizont des Beobachtungsortes ist der in der Zeichnung als Ellipse erscheinende Kreis *NOSW*. Das Lot auf dem Horizont trifft die Himmelskugel im Zenit *Z*, und die parallel zur Weltachse gezogene Gerade im Pol *P*. Durch *Z* und *P* geht der Meridian des Ortes, der den Horizont im Nord- und Südpunkt *N* bzw. *S* schneidet. Die Polhöhle φ des Beobachtungsortes ist der Bogen *PN* oder $\sphericalangle$ *PMN*. Senkrecht zur Weltachse verläuft der Äquator *AA'*, er trifft den Horizont im Ost- und Westpunkt *O* bzw. *W*. Wir verfolgen nun den scheinbaren Lauf irgendeines Sternes während eines Tages. In *E* geht der Stern auf, bewegt sich in der Richtung des Pfeiles auf einem zum Äquator parallelen Kreise, kulminiert in *K* und bewegt sich dann wieder abwärts, bis er in *U* unter dem Horizont verschwindet. Wir greifen einen bestimmten Punkt *G* seiner Bahn heraus und zeichnen noch den zugehörigen Vertikalkreis und Stundenkreis. Ersterer trifft den Horizont in *H*, letzterer den Äquator in *D*. Dann ist nach dem vorher Gesagten der Bogen *GH* oder $\sphericalangle$ *GMH* die Höhe *h* des Sternes, Bogen *NH* oder $\sphericalangle$ *NMH* sein Azimut *a*, ferner Bogen *GD* oder $\sphericalangle$ *GMD* seine Deklination δ und Bogen *AWA'OD* oder der überstumpfe $\sphericalangle$ *AMD* sein Stundenwinkel *t*.

Sind zwei von diesen vier Größen durch Beobachtung gefunden, dann lassen sich die beiden übrigen durch trigonometrische Auflösung des sphärischen Dreiecks *PZG* berechnen. In diesem ist nämlich $ZG = 90^0 - h$, $PG = 90^0 - \delta$, $ZP = 90^0 - \varphi$, $\sphericalangle PZG = a$ und $\sphericalangle ZPG = 360^0 - t$. Sind z. B. die Deklinationen δ und die Höhe *h* eines Sternes bekannt, so kennt man in dem sphärischen Dreieck die drei Seiten. Man benutzt dann zur Berechnung der Winkel entweder den Kosinussatz oder, was vorzuziehen ist, die Formel

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-b)\sin(s-c)}{\sin s \cdot \sin(s-a)}},$$

worin α den unbekannten Winkel, *a*, *b*, *c* die Seiten bezeichnen und $s = \frac{a+b+c}{2}$ gesetzt ist. Man kann auf diese Weise in dem angeführten Beispiel den Stundenwinkel berechnen.

Wir wollen noch eine Bemerkung über die praktische Bestimmung der Deklination eines Sternes anknüpfen. Wir be-

trachten dazu den Stern bei seiner Kulmimation in K. Seine Höhe ist alsdann der Bogen KS und seine Deklination der Bogen KA. Nun lesen wir aus der Figur die Beziehung

$$KA = KS - AS$$

ab. Bogen AS ist die Höhe des Äquators. Diese ist aber gleich $90^0 - \varphi$, da Bogen $AP = 90^0$, $PN = \varphi$ und der ganze Bogen $SAPN = 180^0$ ist. Mithin erhalten wir die Deklination eines Sternes, wenn wir seine Höhe zur Kulmination bestimmen und davon die bekannte Äquatorhöhe $90^0 - \varphi$ subtrahieren. Diese Bestimmung geschieht mit dem Mittagsrohr.

4. Sternzeit. Wir denken uns, ein Mittagsrohr sei auf einen bestimmten Stern gerichtet. Dann können wir sehr genau den Zeitpunkt angeben, in welchem der Stern kulminiert. In einem solchen Augenblick denken wir uns ferner eine Pendeluhr in Tätigkeit gesetzt. Diese Uhr kann schnell oder langsam gehen, das ist uns ganz gleichgültig. Dagegen verlangen wir von ihr, daß sie vollkommen gleichmäßig geht. Wir zählen nun die Schwingungen, die das Pendel in der Zeit von einer Kulmination bis zur nächsten macht. Das wiederholen wir mehrmals. Dabei stellt sich heraus, daß die Zahl der Schwingungen immer genau die gleiche ist, ja noch mehr, genau dieselbe Schwingungszahl finden wir auch, wenn wir irgendeinen anderen Fixstern der Beobachtung zugrunde legen.

Daraus erkennen wir, daß wir in der Bewegung der Fixsterne ein Mittel zur Zeitbestimmung haben. Wesentlich hierfür ist die zuletzt angeführte Tatsache, daß die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen irgendeines Fixsternes stets genau die gleiche ist. Diese Zeit nennen wir einen *Sterntag*. Wir merken uns also:

Ein Sterntag ist die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen eines Fixsternes.

Wir denken uns nun den Gang der Uhr durch Verkürzen oder Verlängern des Pendels so reguliert, daß die Uhr gerade um 24 Stunden während eines Sterntages vorgerückt ist. Wir sagen alsdann: *Die Uhr zeigt Sternzeit an.*

Da die Sterne zu ihrem Kreislauf stets dieselbe Zeit gebrauchen, so liegt die Vermutung nahe, daß auch innerhalb dieser Zeit die Bewegung eine *gleichmäßige* sein wird. Wenn dies der Fall ist, müssen die Sterne in einer Stunde gerade

den vierundzwanzigsten Teil ihrer Kreisbahn zurückgelegt haben. Daß dies so ist, erkennen wir an der stündlichen Änderung des Stundenwinkels. Diese beträgt tatsächlich $\frac{360^0}{24} = 15^0$, und wir müssen den Stundenkreis des Theodoliten genau um diesen Betrag drehen, wenn wir einen Stern, den wir beobachtet haben, nach Verlauf einer Stunde Sternzeit im Fernrohr wiederfinden wollen. Damit ergibt sich zugleich, daß, wenn wir einen Stern längere Zeit hindurch beobachten und ihn nicht immer wieder aus dem Fadenkreuz des Fernrohrs verlieren wollen, wir zweckmäßig einen Theodoliten benutzen, der durch ein Uhrwerk stündlich um 15^0 gedreht wird, wie es auch in den Sternwarten geschieht.

Zur Verwandlung eines in Grad, Minuten, Sekunden gegebenen Stundenwinkels in Sternzeit verfahren wir folgendermaßen. Es sei z. B. der Stundenwinkel $34^0\,17'\,45''$ gegeben. Wir dividieren zuerst die Grade durch 15, dann erhalten wir die Stunden, also $34 : 15 = 2$ Rest 4. Den Rest der Grade verwandeln wir in Minuten und fügen die gegebenen Minuten hinzu, also $4 \cdot 60 = 240$, $240' + 17' = 257'$. Die erhaltene Zahl der Minuten dividieren wir wieder durch 15 und erhalten die Zeitminuten, also $257 : 15 = 17$ Rest 2. Den Rest der Minuten verwandeln wir in Sekunden und fügen die gegebenen Sekunden hinzu, also $2 \cdot 60 = 120$, $120'' + 45'' = 165''$. Die erhaltene Zahl der Sekunden dividieren wir wieder durch 15 und erhalten die Zeitsekunden, also $165 : 15 = 11$. Wir haben mithin das Ergebnis: Der Stundenwinkel $34^0\,17'\,45''$ entspricht $2^h\,17^m\,11^s$ Sternzeit. Statt dieser Rechenvorschrift können wir uns auch einfach folgende Umsetzungsformeln merken:

$$360^0 = 24^h,\ 15^0 = 1^h,\ 1^0 = 4^m,\ 1' = 4^s,$$
$$24^h = 360^0,\ 1^h = 15^0,\ 1^m = 15',\ 1^s = 15''.$$

Die erste Zeile dient zur Umwandlung eines Stundenwinkels in Sternzeit, die zweite zur umgekehrten Operation.

Wir müssen nun noch über die Zählung der Stunden nach Sternzeit eine Vereinbarung treffen. Wir könnten beispielsweise festsetzen, die Zählung sollte genau so erfolgen wie die der Stundenwinkel. Dann wäre es zur Zeit der oberen Kulmination eines Sternes 0^h, bei dem Werte 15^0 eine Stunde später. Diese Festsetzung hätte aber den Nachteil, daß für jeden Stern eine besondere Uhr nötig wäre, und daß alle Uhren verschieden gingen. Wir könnten aber auch einen unter den Sternen bevorzugen, bei ihm die Zählung in der angegebenen Weise ausführen und dann diese Zeit als Normalzeit festsetzen und eine Sternzeit anzeigende Uhr nach

ihr stellen. Dann würden nur dieser Stern und alle auf demselben Stundenkreis gelegenen zur Zeit 0^h kulminieren, alle anderen zu einer anderen Zeit, die wir durch Beobachtung bestimmen können.

Tatsächlich verfahren die Astronomen in dieser Weise. Als Ausgang wählen sie einen bestimmten Punkt des Himmelsäquators, den sogenannten Frühlingspunkt.[1]) Wenn dieser Punkt kulminiert, beginnen sie die Zählung der Sternzeit. Eine auf $0^h 0^m 0^s$ stehende Uhr, die Sternzeit anzeigen soll, wäre in diesem Augenblicke in Gang zu setzen. Die Astronomen zählen die Stunden über 12^h weiter bis 24^h, dies bietet den Vorteil, daß die Zeitangaben an einem Tage eindeutig werden. Wenn wir im bürgerlichen Leben beispielsweise von 8^h sprechen, müssen wir hinzufügen, ob wir morgens oder abends meinen. Für den Astronomen ist nur die letzte Zeit 8^h, die erstere dagegen 20^h.

Auf jeder Sternwarte geht die Hauptuhr nach Sternzeit. Wenn wir nun zwei an verschiedenen Sternwarten befindliche Hauptuhren miteinander vergleichen, so finden wir, daß sie einen Gangunterschied zeigen. Dies kommt daher, daß der Frühlingspunkt an verschiedenen Orten zu verschiedener Zeit kulminiert. Denn bei der Kulmination gehen die Sterne durch den Meridian des Ortes, und dieser ist von Ort zu Ort verschieden. Nur die Orte, die auf demselben Längenkreis liegen, haben denselben Meridian. Diese Beziehung zwischen Meridian und Längenkreis erklärt sich, wenn wir bemerken, daß die Meridiane eigentlich nichts anderes sind als die bis zum Schnitt mit der Himmelskugel fortgesetzt gedachten Ebenen der Längenkreise der Erde. Mathematisch können wir dies so klarmachen: Die Ebene des Meridians ist durch den Beobachtungsort und die *Welt*achse bestimmt, die Ebene des entsprechenden Längenkreises durch den Ort und die *Erd*achse. Erd- und Weltachse liegen nun auf derselben Geraden, also haben die beiden Ebenen eine Gerade und einen außerhalb derselben gelegenen Punkt gemeinsam, sie sind mithin identisch.

---

1) Die Erklärung des Frühlingspunktes können wir hier noch nicht geben. Vgl. aber S. 26. Hier genügt uns die Tatsache, daß man irgendeinen, aber stets denselben Punkt des Äquators als Ausgangspunkt der Zählung festsetzt.

In 24 Stunden hat ein Stern seinen Lauf um die Erde beendet und dabei zu jeder Zeit an einem anderen Ort kulminiert. Liegt ein Ort 15^0 westlich von einem andern, so kulminiert der Stern an jenem genau eine Stunde später als an diesem, zwei an jenen beiden Orten nach Sternzeit gehende Uhren zeigen also einen Gangunterschied von einer Stunde, und zwar geht die Uhr des östlicher gelegenen Ortes eine Stunde gegen die des westlicher gelegenen Ortes vor.

Daß die Hauptuhren der verschiedenen Sternwarten voneinander abweichen, ist für den Astronomen belanglos. Einmal ist er imstande, wie wir gesehen haben, den Unterschied in Rechnung zu ziehen, dann kommt es ihm aber hauptsächlich darauf an, die Vorgänge am Himmel von seinem Beobachtungsorte aus zu erforschen und zu beschreiben.[1]) Und dazu bietet ihm die Sternzeit ein überaus wertvolles Mittel.

Ein Vorzug der Sternzeit liegt z. B. darin, daß jeder Stern an allen Orten zu derselben Sternzeit kulminiert. Diese Zeiten können also ein für allemal festgestellt werden und gestatten dann, bei jeder Beobachtung die Kulmination eines Sternes auf das genaueste zu bestimmen.

Ein weiterer sehr wichtiger Vorzug der Sternzeit liegt darin, daß mit ihrer Hilfe die Lage eines Sternes unabhängig von der Wahl des Beobachtungsortes bestimmt werden kann. Wir betrachten noch einmal die Fig. 4. Wir hatten als Stundenwinkel des Sternes *G* den Bogen auf dem Äquator von *A* über *W* nach *D* eingeführt. Der Ausgangspunkt *A* der Zählung war der Schnitt des Meridians mit dem Äquator, also ein mit dem Beobachtungsorte sich ändernder Punkt. Statt dessen wollen wir nun die Zählung von einem festen Punkte des Äquators, dem schon früher erwähnten Frühlingspunkte, beginnen lassen. Dieser Punkt ist in der Figur mit *V* bezeichnet worden. Wir wollen nun die Lage des Sternes durch den Bogen *VD* angeben, die Richtung der Zählung soll aber die entgegengesetzte wie beim Stundenwinkel sein, also von *V* über *O* nach *D*. Diesen Bogen oder den zugehörigen (in der Figur überstumpfen) Winkel *VMD* nennen die Astronomen die *Rektaszension*.

1) Ganz anders wäre es indessen, wenn man im bürgerlichen Leben nach Sternzeit rechnen wollte. Da würde der Gangunterschied der Uhren als sehr lästig empfunden werden.

Durch Deklination und Rektaszension ist die Lage eines Sternes vollständig bestimmt, und diese Bestimmung ist unabhängig von der geographischen Lage des Beobachtungsortes. Für alle Sterne hat man die Deklination und Rektaszension gemessen und in Sternverzeichnisse eingetragen. Dann kann man an jedem Orte einen bestimmten Stern am Himmel auffinden, wenn man die Lage des Frühlingspunktes kennt.

Die Aufsuchung dieses Punktes erübrigt sich indessen durch Einführung der Sternzeit. Da die Zählung der Sternzeit mit der Kulmination des Frühlingspunktes beginnt, ist die Rektaszension des Frühlingspunktes gleich seinem Stundenwinkel, also gleich der in Bogenmaß umgerechneten Sternzeit. Daraus folgt: Die Rektaszension eines Sternes ist gleich dem Stundenwinkel des Frühlingspunktes, vermindert um den Stundenwinkel des Sternes. Oder: *Die in Bogenmaß umgerechnete Sternzeit der Beobachtung ist gleich der Summe von Rektaszension und Stundenwinkel des Sternes.* Wenn der Stern kulminiert, ist sein Stundenwinkel Null. Mithin erhalten wir:

Zur Zeit der Kulmination eines Sternes ist seine Rektaszension gleich der in Bogenmaß umgerechneten Sternzeit.

Die Beobachtung eines Sternes bei seiner Kulmination liefert ein ausgezeichnetes Mittel, den Gang einer nach Sternzeit gehenden Uhr auf seine Richtigkeit zu prüfen.

ZWEITER ABSCHNITT

SONNENZEIT

5. Wahre Sonnenzeit. Die vollkommen gleichmäßige und einfache Bewegung der Fixsterne führte uns zu dem Begriff der Sternzeit. So zweckmäßig ihre Einführung für astronomische Angaben ist, so wenig eignet sie sich zur Bestimmung der Zeit im bürgerlichen Leben. Hierfür ist allein die Bewegung der Sonne maßgebend, und diese weicht, wie wir im weiteren Verlauf dieses Abschnittes sehen werden, in wesentlichen Punkten von der Bewegung der anderen Gestirne ab. Beschäftigen wir uns daher etwas näher mit ihrer scheinbaren täglichen Bewegung. Wir sehen die Sonne geradeso wie die Sterne am Osthimmel über dem Horizont aufsteigen, einen gegen den Horizont geneigten Bogen be

schreiben und im Westen untergehen. Zur genaueren Untersuchung stellen wir den Theodoliten wieder so auf, daß der Grundkreis dem Himmelsäquator parallel ist. Alsdann beobachten wir durch das Fernrohr, daß sich die Sonne im Laufe eines Tages genau so wie die Sterne in einem zum Äquator parallelem Kreise zu bewegen scheint. Zur Zeit ihrer Kulmination geht sie ebenfalls durch den Meridian, es scheint also auf den ersten Blick zwischen ihrer Bewegung und der der Sterne kein wesentlicher Unterschied zu bestehen.

Wir wollen nun die Bewegung der Sonne zur Grundlage für eine neue Zeitbestimmung wählen. *Wir nennen die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen der Sonne einen Sonnentag.* Während dieser Zeit hat der Stundenwinkel, den wir bekanntlich am Grundkreise des Theodoliten ablesen können, alle Werte von 0^0 bis 360^0 durchlaufen. Seine Zählung wollen wir wie früher mit der Kulmination beginnen und in der Richtung der Sonnenbewegung fortschreiten lassen. Ferner wollen wir für das Zeitintervall eine Stunde die Festsetzung treffen: *Unter einer Stunde verstehen wir das Zeitintervall, währenddessen sich der Stundenwinkel der Sonne um 15^0 geändert hat.* Wir teilen demnach den Tag in 24 Stunden, haben aber wohlgemerkt in der Definition nicht ausgesprochen, daß alle Stunden genau gleiche Dauer haben. Das würde nur zutreffen, wenn die Sonne sich geradeso wie die Sterne mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit um die Erde bewegen würde, was aber nicht der Fall ist. In der angegebenen Weise können wir weitergehen und Festsetzungen für das Zeitintervall eine Minute und endlich eine Sekunde treffen. Eine Minute ist das Zeitintervall, währenddessen sich der Stundenwinkel der Sonne um $15'$, eine Sekunde das Zeitintervall, währenddessen sich der Stundenwinkel um $15''$ geändert hat. Damit haben wir aus der Bewegung eine Zeitbestimmung abgeleitet, die den Namen *wahre Sonnenzeit* führt.

Nach wahrer Sonnenzeit ist es 12^h oder Mittag, wenn die Sonne kulminiert, 1^h, wenn ihr Stundenwinkel 15^0 ist, 2^h, wenn ihr Stundenwinkel 30^0 ist usw.

Wir können die Zählung, wie die Astronomen es tun, von 0^h bis 24^h fortsetzen, oder auch zweimal bis 12^h, wie es uns gewohnter ist.

6. Sonnenuhr. Wir wollen uns einmal eine Ebene parallel zum Äquator denken und senkrecht auf dieser Ebene einen Stab. Dieser Stab hat dann offenbar die Richtung der Weltachse. Die Sonne wird sich im Lauf eines Tages parallel zu der Ebene bewegen und um den Stab drehen, wie wir es in Nr. 5 auseinandergesetzt haben. Dabei wird der Stab auf die Ebene einen Schatten werfen, und auch dieser Schatten wird sich während des Tages um den Stab drehen. Zu jeder Zeit werden sich die Sonne, der Stab und sein Schatten in einer Ebene befinden, die nichts anderes als die Ebene des Stundenkreises der Sonne ist. Daraus folgt aber, daß sich diese Ebene in einer Stunde Sonnenzeit um 15^0 drehen wird, und um denselben Winkel dreht sich auch der Schatten des Stabes. Somit haben wir ein Mittel, aus dem Schatten des Stabes die wahre Sonnenzeit zu bestimmen. Eine solche Vorrichtung heißt *Sonnenuhr*. Wir finden Sonnenuhren vielfach an Türmen von Kirchen, an Schulen und anderen öffentlichen Gebäuden, und gelegentlich auch im Freien, z. B. im Bellevuepark zu Berlin und im Park von Sanssouci in Potsdam.

Zur Herstellung einer Sonnenuhr ist unbedingt nötig, daß der schattenwerfende Stab parallel der Weltachse gerichtet ist. Nur dann fällt der Schatten an allen Tagen zu einer bestimmten Stunde in dieselbe Richtung, und dies ist doch nötig, wenn man an der Sonnenuhr ein Zifferblatt anbringen will, auf dem man die wahre Sonnenzeit sofort ablesen kann. Wir werden auf diesen Punkt noch näher eingehen (S. 23). Am einfachsten gestaltet sich die Konstruktion des Zifferblattes, wenn der Schatten auf eine zum Äquator parallele, also zum Stabe senkrechte Ebene fällt. Dann brauchen wir nur ein Büschel von gerade Linien unter Winkeln von 15^0 zu zeichnen und an diese Strahlen die Zahlen 1 bis 12 zu schreiben, wie bei dem Zifferblatt einer gewöhnlichen Uhr. Wir müssen nur bedenken, daß die Zahl 12 die tiefstgelegene Stelle des Zifferblattes einnehmen wird, da der Schatten doch immer auf der von der Sonne abgewandten Seite des Stabes zustande kommt.

Auch wenn die Ebene, auf die der Stab Schatten wirft, eine andere Lage hat, läßt sich das Zifferblatt leicht zeichnen. Wir führen die Konstruktion des Zifferblattes noch für den

Fall durch, daß die Ebene horizontal ist, möchten aber dem Leser empfehlen, selbst die Zeichnung anzufertigen und sie auch auf den Fall auszudehnen, daß die Ebene der Sonnenuhr eine ganz beliebige Lage hat. Die Anleitung dazu ist in dem Folgenden enthalten.

Wir führen die Konstruktion des Zifferblattes auf horizontaler Ebene auf den oben behandelten Fall zurück. Wir denken uns eine zum Äquator parallele Ebene und auf dieser das Zifferblatt der Sonnenuhr hergestellt. Wir verlängern nun den schattenwerfenden Stab so weit, bis er die horizontale Ebene schneidet. Dann ist klar, daß von diesem Punkte die Schatten auf der horizontalen Ebene ausgehen müssen. Wenn wir noch einen zweiten Punkt der stündlichen Schattenlinien auf der horizontalen Ebene hätten, könnten wir diese ziehen, und die Konstruktion wäre erledigt. Ein solcher zweiter Punkt läßt sich aber leicht finden. Wir brauchen nur die zum Äquator parallele Ebene mit der horizontalen Ebene zum Schnitt zu bringen und auf der Schnittlinie die Punkte zu bestimmen, in denen sie von den stündlichen Schattenlinien des ersten Zifferblattes getroffen wird. Damit haben wir dann einen zweiten Punkt der gesuchten Schattenlinien auf der horizontalen Ebene gefunden.

In der Zeichnung stellt sich dies folgendermaßen dar. Wir denken uns auf der horizontalen Ebene, auf der wir die Zeichnung herstellen, eine Gerade in der Richtung von Süden nach Norden gezogen und auf ihr einen Punkt M angenommen, von dem der Stab ausgehen soll (Fig. 5). In M tragen wir gegen Norden den Winkel φ an, der gleich der geographischen Breite des betreffenden Ortes ist. In einem beliebigen Punkte P des freien Schenkels errichten wir das Lot, und durch den Schnittpunkt S mit der Nordsüdrichtung ziehen wir zu letzterer die Senkrechte s. Dann können wir uns die Figur so deuten: MP ist der schattenwerfende Stab, den wir uns aber so aufgerichtet denken müssen, daß er in der durch die Nordsüd-

Fig. 5.

richtung gehenden Vertikalebene liegt. Da er dann mit der Nordrichtung den Winkel φ bildet, ist er, wie verlangt, der Weltachse parallel. PS ist das der Vertikalebene angehörige Lot auf dem Stabe, S sein Schnittpunkt mit der horizontalen Ebene. In der Zeichnung ist also das Dreieck MPS die Umklappung eines in Wirklichkeit auf der Zeichenebene senkrechten Dreiecks. Denken wir uns nun durch P im Raume die zum Stab senkrechte Ebene gelegt, so wird diese die horizontale Ebene in einer Geraden schneiden, die durch S geht und senkrecht zur Nordsüdrichtung verläuft. Das ist die Gerade s der Zeichnung. Auf dieser zum Stab senkrechten Ebene sollen wir nun zunächst das Zifferblatt der Sonnenuhr entwerfen. Dazu legen wir sie um die Schnittgerade s in die horizontale Zeichenebene um. Der Punkt P kommt bei dieser Drehung nach einer Stelle Q, die wir in der Zeichnung einfach durch einen Kreisbogen um S mit dem Halbmesser SP erhalten.

Von Q aus tragen wir nun, ausgehend von der Nordsüdrichtung, ein Büschel von Geraden an, sich unter 15° schneidend. Dies sind die stündlichen Schattenlinien auf der zum Stab senkrechten Ebene, aber wohlgemerkt nach der Drehung um s. Wir brauchen von diesen Linien nur ihre Schnittpunkte S_1, S_2 usw. mit s. Verbinden wir diese Punkte mit dem Punkte M, so haben wir die gesuchten Schattenlinien auf der horizontalen Ebene.[1] Wir begrenzen nun das Zifferblatt in angemessener Weise, vielleicht durch einen Kreis, dessen Mittelpunkt wir *zweckmäßig* nicht in M, sondern zwischen M und S annehmen, und schreiben die Zahlen 12, 1, 2 usw. in denselben hinein. Dabei haben wir zu beachten, daß 12 auf der Nordsüdrichtung liegt, und zwar gegen Norden, 1, 2 und die übrigen Nachmittagsstunden rechts von 12, die Vormittagsstunden dagegen links.

Was die Aufstellung der Sonnenuhr betrifft, so haben wir zuerst das Zifferblatt auf eine horizontale Ebene zu legen, so daß die 12-Uhr-Linie genau die Nordrichtung hat, sodann müssen wir den Stab so stellen, daß er in der Richtung nach Norden mit der horizontalen Ebene den Neigungswinkel φ bildet. Diese Sonnenuhr können wir dann das ganze Jahr über zur Bestimmung der wahren Sonnenzeit benutzen.

7. Die Veränderlichkeit der Deklination der Sonne und ihre Folgen. Wir wollen für die weitere Beobachtung der Bewegung der Sonne die wahre Sonnenzeit zugrunde legen und zu ihrer Bestimmung die Sonnenuhr mit horizontalem Zifferblatt benutzen. Wenn wir dann an vielen Tagen die Zeit ablesen, zu der die Sonne auf- bzw. untergeht, so stoßen

1) In der Zeichnung sind die Punkte S_4, S_5, S_6, S_7, S_8 nicht erreichbar. Trotzdem lassen sich die Verbindungslinien von M mit diesen unerreichbaren Punkten finden. Vgl. darüber Bändchen 11 dieser Sammlung: P. Zühlke, Konstruktionen in begrenzter Ebene.

wir auf die uns allen bekannte Tatsache, daß diese Zeiten sehr verschieden sind. Dadurch unterscheidet sich die Sonne von den Fixsternen, die das ganze Jahr hindurch zur selben Sternzeit auf- bzw. untergehen.

Zweimal im Jahre geht die Sonne um 6^h morgens auf und um 6^h abends unter, nämlich am 21. März und am 23. September[1]), in der Zwischenzeit früher oder später. Am frühesten geht sie am 21. Juni auf, an diesem Tage bleibt sie auch am längsten über dem Horizont. Für Berlin, dessen geographische Breite $\varphi = 52^1/_2{}^0$ ist, ergibt sich dabei insbesondere folgendes Bild. Am 21. Juni geht die Sonne bereits um $3^h\,42^m$ auf und erst um $8^h\,18^m$ abends unter. Das Entgegengesetzte tritt am 21. Dezember ein. Da geht die Sonne erst um $8^h\,18^m$ auf und schon um $3^h\,42^m$ unter. Die Taglängen (darunter verstehen wir die Zeit, während der die Sonne über dem Horizont ist) schwanken also von rund $7^1/_2$ Stunden bis $16^1/_2$ Stunden; am längsten Tage ist in Berlin die Sonne neun Stunden länger sichtbar als am kürzesten. Für andere Orte sind die Auf- und Untergangszeiten und damit die Längen der einzelnen Tage andere.

Der Ungleichheit der Taglängen entspricht eine Ungleichheit der Tagbogen, die die Sonne zu verschiedenen Zeiten des Jahres am Himmel beschreibt. Wir erkennen schon mit bloßem Auge, daß die Sonne sich im Sommer weiter über den Horizont erhebt als im Winter. Zur genaueren Untersuchung bedienen wir uns wieder des Theodoliten oder besser eines Mittagsrohres und messen die Höhe der Sonne bei ihrer Kulmination. Dabei stellt sich heraus, daß am kürzesten Tage, dem 21. Dezember, die Kulminationshöhe der Sonne für Berlin ungefähr 14^0 beträgt, am längsten Tage, dem 21. Juni, dagegen 61^0. Dies ergibt einen Gesamtunterschied von 47^0. Nun hatten wir auf S. 11 gesehen, daß man aus der Höhe eines Sternes zur Zeit seiner Kulmination die Deklination bestimmen kann, indem man davon die bekannte Äquatorhöhe subtrahiert. Für Berlin ist die Äquatorhöhe $90^0 - \varphi = 90^0 - 52^1/_2{}^0 = 37^1/_2{}^0$, mithin erhalten wir für die Deklination der Sonne am 21. Dezember den Wert $-\,23^1/_2{}^0$ und am 21. Juni $+\,23^1/_2{}^0$. Damit haben wir die Erklärung für die ungleichen Taglängen gefunden:

Abweichend von den Fixsternen ändert die Sonne bei ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde täglich ihre Deklination. Diese nimmt Werte an, die zwischen $+\,23^1/_2{}^0$ und $-\,23^1/_2{}^0$ liegen.

1) Dies gilt gleichmäßig für alle Orte, aber nur unter Zugrundelegung der wahren Sonnenzeit.

Eine genaue Beobachtung der Sonnenbewegung zeigt, daß die Deklination im Laufe eines Jahres alle Werte zwischen $\pm 23^1/_2{}^0$ annimmt, und zwar jeden Wert zweimal. Die Deklination ist Null, wenn sich die Sonne im Äquator befindet. Dies trifft am 21. März und am 23. September ein. Während einer Hälfte des Jahres befindet sich die Sonne über dem Äquator, d. h. am nördlichen Himmel, während der anderen unter dem Äquator, am südlichen Himmel. Dadurch unterscheidet sich die Sonnenbewegung durchaus von der Fixsternbewegung. Wir werden bald sehen, welche Folgen sich daraus für uns ergeben.

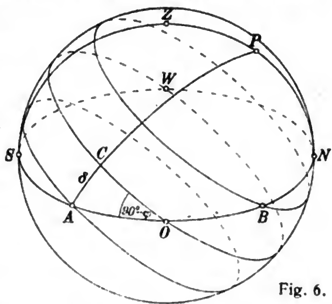


Fig. 6.

In der Fig. 6 haben wir die drei Bahnen gezeichnet, die die Sonne beschreibt, wenn ihre Deklination $-23^1/_2{}^0$, 0^0, $+23^1/_2{}^0$ beträgt. Daraus ersehen wir ohne weiteres, daß der Tagbogen für $\delta = -23^1/_2{}^0$ am kleinsten und für $\delta = +23^1/_2{}^0$ am größten ist. Wir können auch aus der Figur die Auf- bzw. Untergangszeiten der Sonne an den verschiedenen Tagen berechnen. Betrachten wir z. B. die Sonne am 21. Dezember, wo $\delta = -23^1/_2{}^0$, in dem Augenblick ihres Aufganges im Punkte A. Wir wollen noch durch A den Stundenkreis legen. Dann erhalten wir ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck OAC mit dem rechten Winkel bei C. Darin ist $AC = \delta$, $\sphericalangle AOC = 90^0 - \varphi$, und wir erhalten nach Formeln der sphärischen Trigonometrie:
$$\sin OC = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta.$$
Setzen wir nun $\varphi = 52^1/_2{}^0$, $\delta = 23^1/_2{}^0$, so erhalten wir $OC = 34^0\,30'$ oder in Zeitmaß umgerechnet 2 Stunden 18 Minuten. Das heißt, am 21. Dezember geht die Sonne in Berlin 2 Stunden 18 Minuten später auf als am 23. September, also um $8^h\,18^m$.

Man sagt gewöhnlich, die Sonne ginge im Osten auf und im Westen unter. Dies trifft jedoch nur am 21. März und am 23. September zu, wo die Sonne im Äquator steht. An den anderen Tagen geht sie entweder zwischen Osten und Norden oder Osten und Süden auf. Wir können dies auch unmittelbar aus der Figur ablesen. Man nennt die Abweichung von Osten bzw. Westen die Morgen- bzw. Abendweite. Die Gesamtabweichung kann recht beträchtlich sein, für Berlin beträgt sie beinahe 82^0, für nördlicher gelegene Orte noch mehr.

Aus der Fig. 6 können wir ihren Wert berechnen. Im Dreieck *OAC* ist

$$\sin OA = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}.$$

Für $\varphi = 52\frac{1}{2}^\circ$ (Berlin) und $\delta = 23\frac{1}{2}^\circ$ ergibt sich hieraus $OA = 40^\circ\ 55'$, also $AB = 81^\circ\ 50'$. In Kopenhagen, dessen geographische Breite $\varphi = 55^\circ\ 41'$ ist, wird die Sonne am 21. Dezember gerade im Südosten und am 21. Juni im Nordosten aufgehen.

Eine weitere Folge der Deklinationsänderungen ist der Wechsel der Jahreszeiten. Wir unterscheiden bekanntlich vier Jahreszeiten, den Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Den Frühling rechnen wir von dem Tage an, wo die Sonne mit zunehmender Deklination im Äquator steht. Er dauert bis zum längsten Tage, wo die Deklination ihren größten Wert erreicht. Von da an rechnen wir den Sommer, in dessen Verlauf die Deklination wieder bis Null abnimmt. Der Herbst schließt sich dem Sommer an, er reicht bis zum kleinsten Werte der Deklination und wird vom Winter abgelöst, während dessen die Deklination wieder bis Null wächst.

An den verschiedenen Stellen der Erde macht sich der Wechsel der Jahreszeiten in sehr verschiedener Weise bemerkbar. Beginnen wir mit einem Orte am Äquator. Die Sonne steigt jeden Tag *senkrecht* über dem Horizont auf. Am 21. März und 23. September steht sie bei der Kulmination im Zenit, sendet also ihre Strahlen senkrecht auf die Erde. Auch zu den anderen Jahreszeiten entfernt sie sich bei der Kulmination nicht weit vom Zenit, nämlich höchstens um $23\frac{1}{2}^\circ$ am 21. Juni und 21. Dezember. Von einem Wechsel der Jahreszeiten kann man also hier eigentlich nicht reden. Weiter ist bemerkenswert, daß die Sonne jeden Tag um 6^h aufgeht und genau 12 Stunden über dem Horizont bleibt. Man kann also von einem Orte am Äquator auch nicht sagen, die Sonne geht im Sommer früher auf als im Winter, oder es ist im Sommer länger hell als im Winter. Für Orte, die nahe am Äquator liegen, werden sich die Verhältnisse wenig ändern. Auch für sie wird die Sonne zweimal im Jahr bei der Kulmination im Zenit stehen, nur werden diese beiden Zeitpunkte näher an den 21. Juni rücken für Orte mit nördlicher geographischer Breite und näher an den 21. Dezember für Orte mit südlicher geographischer Breite. Für Orte, deren geographische Breite $23\frac{1}{2}^\circ$ nördlich oder südlich ist, wird dieser Moment nur einmal im Jahre auftreten, nämlich am 21. Juni bzw. 21. Dezember. Man rechnet die Orte, bei denen die Sonne mindestens einmal im Jahre im Zenit steht, zur heißen oder tropischen Zone. Diese erstreckt sich von $23\frac{1}{2}^\circ$ südlicher Breite bis $23\frac{1}{2}^\circ$ nördlicher Breite. Bei ihnen schwanken die Auf- und Untergangszeiten der Sonne um weniger als $1\frac{1}{2}$ Stunden.

An die heiße Zone schließt sich nach Norden und Süden eine gemäßigte oder subtropische Zone an. Sie ist dadurch gekenn-

zeichnet, daß in ihr die Sonne an keinem Tage bis zum Zenit aufsteigt, im übrigen aber so verläuft, wie es bei uns der Fall ist, nämlich an jedem Tage des Jahres auf- und untergeht. Je weiter wir uns vom Äquator entfernen, d. h. je größer die geographische Breite wird, desto schräger und flacher ist der Kreisbogen, den die Sonne am Himmel beschreibt, und desto größer sind die Unterschiede der Taglängen und der Auf- bzw. Untergangszeiten in den verschiedenen Jahreszeiten. Bei einem Ort von der geographischen Breite 65° ist die Sonne am kürzesten Tage nur 2 Stunden 50 Minuten über dem Horizont. Und gehen wir noch etwas weiter vom Äquator weg, dann erhebt sich die Sonne an einem Tage des Jahres gar nicht über dem Horizont. Dies ist die Grenze für die gemäßigten Zonen. Sie liegt in der geographischen Breite $\varphi = 90° - 23\frac{1}{2}° = 66\frac{1}{2}°$ nördlich und südlich. Hier beginnt die nördliche bzw. südliche kalte oder Polarzone. In den Polarzonen bleibt während eines Teiles des Jahres die Sonne beständig unter dem Horizont, es herrscht die *Polarnacht*. Diese dauert bei einer nördlichen geographischen Breite von 80° vom 18. Oktober bis 23. Februar, also länger als vier Monate. Während eines anderen Teiles des Jahres geht die Sonne auf und unter wie in unseren Breiten, und während eines dritten Teiles endlich bleibt sie ständig über dem Horizont.

Wir wollen nun einmal betrachten, wie sich die Verhältnisse auf der Erde gestalten würden, wenn die Deklination der Sonne konstant bliebe.

Jeder Ort der Erde hätte dann seine bestimmte, unveränderliche Taglänge, die von dem konstanten Werte der Deklination abhinge. Nehmen wir zunächst einmal an, die Deklination der Sonne wäre Null. Dann würde die Sonne überall um 6^h genau im Osten aufund nach 12 Stunden im Westen untergehen. Am Äquator würde die Sonne Tag für Tag im Zenit kulminieren, an anderen Orten niedriger. An den Polen würde es aussehen, als ob die Sonne wie ein Feuerball auf dem Horizont herumliefe. Wäre aber die Deklination der Sonne von Null verschieden, etwa größer als Null, dann würde auf der nördlichen Erdhälfte die Sonne stets länger als 12 Stunden scheinen, um so länger, je größer die geographische Breite des Ortes wäre. Von einer gewissen Breite an würde die Sonne niemals untergehen, am Nordpol mit konstanter Höhe über dem Horizonte schweben. Umgekehrt wären die Tage auf der südlichen Erdhälfte sämtlich kürzer als 12 Stunden, und von einer gewissen Breite ab wäre es ewige Nacht. Wenn wir außerdem bedenken, daß bei konstanter Deklination jeglicher Wechsel der Jahreszeiten unmöglich wäre, daß wir also einen ewigen Winter oder ewigen Sommer hätten, so können wir uns glücklich schätzen, daß die Natur uns die Veränderlichkeit der Sonnendeklination beschert hat.

Die Veränderlichkeit der Deklination ist auch die Ursache, weswegen bei der Sonnenuhr der schattenwerfende Stab parallel der Weltachse gestellt werden muß. Jeden Tag zur

selben Sonnenzeit befindet sich die Sonne auf demselben Stundenkreise. Soll dann der Schatten des Stabes jeden Tag in dieselbe Richtung fallen, dann muß er in der Ebene des Stundenkreises liegen. Dies gilt für jeden Stundenkreis. Die einzige Gerade aber, die *allen* Stundenkreisen gemeinsam ist, ist die Weltachse, also muß der Stab dieser parallel sein.

Wir haben auf S. 16 gesagt, daß die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne wie die der Sterne auf einem zum Äquator parallelen Kreise erfolgt. Dies ist nicht genau richtig, denn wegen der jährlichen Schwankung der Deklination der Sonne wird diese auch im Laufe des Tages nicht absolut konstant sein, vielmehr sich langsam, aber stetig ändern, und die scheinbare Bahn der Sonne wird eine Art Spirale oder Schraubenlinie sein, die nach einem Jahre wieder in sich selbst übergeht.

Eine Folge der täglichen Deklinationsänderungen ist es, daß die Sonne ihre Stellung zu den Fixsternen ändert, also gegen diese eine eigene Bewegung ausführt. Zur Untersuchung dieser Eigenbewegung bietet die Bestimmung der Lage eines Sternes durch Angabe seiner Deklination und Rektaszension ein vorzügliches Mittel, denn diese Bestimmungsart enthält nur Stücke, die sich auf Punkte und Linien am Himmel beziehen und unabhängig sind von der Lage des Beobachtungsortes.

Wir hatten gesehen, daß die Rektaszension eines Sternes bei seiner Kulmination stets denselben Wert hat, ein Ergebnis, das nichts anderes besagt, als daß der Stern zu seinem täglichen Lauf genau 24 Stunden Sternzeit gebraucht. Anders ist es bei der Sonne. Wenn wir mit einer nach Sternzeit gehenden Uhr den Augenblick bestimmen, an dem der Mittelpunkt der Sonne an zwei aufeinander folgenden Tagen des Jahres kulminiert, so stellt sich heraus, daß dieser Augenblick am zweiten Tage um ungefähr 4 Minuten später eintritt als am ersten. *Die Sonne gebraucht zu ihrer täglichen Umdrehung etwas längere Zeit als die Fixsterne, sie bleibt also in ihrer Bewegung hinter den Fixsternen zurück.* Dieses Ergebnis ist für unsere Zeitbestimmung von großer Wichtigkeit, es zeigt, daß Sternzeit und Sonnenzeit nicht miteinander übereinstimmen. Dies ist der Grund dafür, daß die Sternzeit für das bürgerliche Leben unbrauchbar ist. Nach ihr würde

die Sonne an den verschiedenen Tagen des Jahres zu stets anderer Sternzeit kulminieren, einmal um 12^h, ein Vierteljahr später um 6^h. Im Laufe eines Jahres wächst der Unterschied auf 24 Stunden Sternzeit, d. h. einen Sterntag. *Es sind also 365 Sonnentage gleich 366 Sterntagen.*

8. Die Ekliptik. Um die Bahn zu erhalten, die die Sonne im Laufe des Jahres am Fixsternhimmel zurücklegt, wollen wir jeden Tag ihre Deklination und Rektaszension gerade in dem Augenblick bestimmen, wo ihr Mittelpunkt kulminiert. Wir könnten statt dessen auch irgendeine andere Zeit wählen (z. B. 2^h *wahre* Sonnenzeit), doch läßt sich der Augenblick der Kulmination am leichtesten genau bestimmen. Um die Deklination des Sonnenmittelpunktes zu erhalten, bestimmen wir die Höhe der untersten und obersten Stelle des Sonnenrandes und nehmen aus beiden Werten das Mittel. Da wir aber mit *einem* Fernrohr nicht gut beide Höhen gleichzeitig ablesen können (obwohl sich die Höhe zur Mittagszeit sehr wenig ändert, so daß man auch beide Ablesungen kurz nacheinander vornehmen kann), wollen wir nur *eine* Höhe wirklich ablesen und die andere aus ihr unter Benutzung der scheinbaren Größe der Sonnenscheibe berechnen. Letztere ist der Winkel, den zwei nach gegenüberliegenden Stellen des Sonnenrandes gehende Sehstrahlen miteinander bilden. Er wird direkt mit einem Winkelmeßinstrument, dem sogenannten Spiegelsextanten, gemessen. Zur Bestimmung der Rektaszension des Sonnenmittelpunktes gebrauchen wir außer dem Mittagsrohr eine nach Sternzeit gehende Uhr. Wir lesen die Uhr ab, wenn der rechte Rand der Sonne gerade durch den Schnittpunkt des Fadenkreuzes, d. h. die Achse des Fernrohres geht, und ebenfalls, wenn der linke Rand die Achse des Fernrohres verläßt. Das Mittel aus beiden Zeitangaben ist dann die gesuchte Rektaszension.

Wenn wir nun auf diese Weise für alle Tage des Jahres die Deklination und Rektaszension des Sonnenmittelpunktes bei seiner Kulmination bestimmt haben, wollen wir diese Größen auf einer Kugel, einem Himmelsglobus, eintragen. Dies geschieht in der Art, daß wir uns auf der Kugel zunächst einen größten Kreis zeichnen, der den Äquator vorstellen soll. Auf ihm nehmen wir einen beliebigen Punkt als Frühlingspunkt an und ziehen durch ihn den zum Äquator senkrechten

Großkreis. Dieser ist der Stundenkreis für 0^h Sternzeit. Damit haben wir das Koordinatensystem für die Deklination und Rektaszension festgelegt, deren Eintragung nun keinerlei Schwierigkeiten bietet.

Wir wollen nun an 365 aufeinander folgenden Tagen zur Zeit der Kulmination des Sonnenmittelpunktes dessen Deklination und Rektaszension bestimmen und auf dem Himmelsglobus verzeichnen. Dadurch erhalten wir auf diesem 365 Punkte. Setzen wir die Beobachtung und Eintragung noch über diesen Zeitpunkt hinaus fort, so kommen wir wieder zwischen die zuerst gezeichneten Punkte. Das bedeutet aber, daß die Sonne in diesem Zeitraum ihre Bahn am Himmel vollendet hat und wieder von neuem beginnt. Man hat diesen Zeitraum als größere Zeiteinheit gewählt und ein *Jahr* genannt. Ein Jahr ist einige Stunden länger als 365 Tage, denn zur Zeit der Kulmination des Sonnenmittelpunktes am 366. Tage ist dieser noch etwas von dem Punkte entfernt, wo er sich am 1. Tage zur selben Zeit befand.[1]) Würden wir noch zu anderen Tagesstunden Deklination und Rektaszension bebestimmen und auf dem Himmelsglobus eintragen, so würden wir zwischen schon gezeichnete Punkte kommen. Wir sind also berechtigt, die erhaltenen Punkte durch einen Linienzug zu verbinden, und erhalten so die Bahn des Sonnenmittelpunktes während eines Jahres.

Dabei stellt sich nun heraus, daß die so erhaltene Kurve ein Kreis ist. Dieser schneidet den Äquator im Frühlingspunkt und in der gerade gegenüberliegenden Stelle, er ist also ein größter Kreis der Kugel. Er führt den Namen *Ekliptik.* Nun sind wir auch imstande, den Ursprung des Frühlingspunktes zu erklären: es ist die Stelle, wo die Sonne den Äquator mit zunehmender Deklination schneidet. Fassen wir das Ergebnis zusammen:

Die Sonne bewegt sich im Laufe eines Jahres auf einem größten Kreise am Himmel. Dieser führt den Namen Ekliptik. Er schneidet den Äquator in zwei gegenüberliegenden Punkten, von denen derjenige Frühlingspunkt heißt, durch den die Sonne mit wachsender Deklination geht.

Um die Lage des Frühlingspunktes auf dem Äquator zu

1) Hätte das Jahr genau 365 Tage, dann würde die Sonne am 366. Tage an derselben Stelle kulminieren wie am 1. Tage.

finden, bestimmen wir am 20. und 21. März die Deklination des Sonnenmittelpunktes im Augenblicke seiner Kulmination. Ergeben sich dabei Werte von entgegengesetzten Vorzeichen, nämlich am 20. März ein negativer und am 21. März ein positiver Wert, so ist der Sonnenmittelpunkt in der Zwischenzeit durch den Äquator gegangen. Wir können diesen Zeitpunkt ermitteln, wenn wir mit irgendeiner nach Sternzeit gehenden Uhr die Kulminationszeiten an den beiden genannten Tagen ablesen.

Ist beispielsweise [1]) am 20. März die Deklination $\delta_1 = -0^\circ 16' 25''$ und am 21. März $\delta_2 = +0^\circ 7' 18''$, und kulminiert die Sonne am ersten Tage um $t_1 = 4^h$, am zweiten um $t_2 = 4^h 3^m 39^s$, so verhält sich die gesamte Deklinationsänderung $\delta_2 - \delta_1 = 23' 43''$ zum absoluten Wert von δ_1 wie der Unterschied der Kulminationszeiten $t_2 - t_1 = 3^m 39^s$ zum Unterschied x der Kulminationszeit des Frühlingspunktes und der Zeit t_1. Also

$$\frac{23' 43''}{16' 25''} = \frac{3^m 39^s}{x}$$

$$x = 3^m 39^s \cdot 0{,}692 = 2^m 31^s.$$

Das heißt, derjenige Punkt des Äquators war der Frühlingspunkt, der $2^m 31^s$ später kulminierte als am 20. März der Mittelpunkt der Sonne.[2]) Die Sternzeit anzeigende Uhr war also um $4^h 2^m 31^s$ zurückzustellen, damit sie unmittelbar die Rektaszension anzeigt.

Die Ekliptik gibt die Grundlage für eine neue Bestimmungsart der Lage eines Sternes am Himmel. Denkt man sich nämlich durch den Stern einen Kreisbogen senkrecht zur Ekliptik gelegt, so ist die Lage des Sternes bestimmt, wenn man die Länge dieses Bogens vom Stern bis zur Ekliptik kennt und außerdem die Entfernung seines Fußpunktes von dem Frühlingspunkt. Letzterer Bogen heißt die *Länge*, ersterer die *Breite* des Sternes. Die Länge wird in der Richtung der Sonnenbewegung von 0° bis 360° gezählt, die Breite positiv und negativ von 0° bis 90°.

Neben der Einteilung der Ekliptik in 360 Grade findet sich seit den ältesten Zeiten eine andere in zwölf gleiche Teile, die offenbar mit der Zwölfteilung des Jahres in Monate zusammenhängt. Der Name der Teile ist nach Sternbildern gewählt. Man nennt die ein-

---

1) Die Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1917.

2) Es möge hierzu bemerkt werden, daß man sich den Frühlingspunkt als Fixstern denken kann, der ebenso wie jeder andere Fixstern im Laufe eines Tages einen Kreis am Himmel beschreibt, also auch kulminiert.

zelnen Teile auch Zeichen und die Folge der Zeichen den Tierkreis. Wir führen diese Zeichen in der Reihenfolge auf, wie sie von der Sonne, beginnend mit dem Frühlingspunkt, im Laufe des Jahres durchlaufen werden. Sie heißen:

Widder ♈,	Stier ♉,	Zwillinge ♊;
Krebs ♋,	Löwe ♌,	Jungfrau ♍;
Wage ♎,	Skorpion ♏,	Schütze ♐;
Steinbock ♑,	Wassermann ♒,	Fische ♓.

Am 21. März steht die Sonne also im Zeichen des Widders (Frühlingspunkt), am 21. Juni im Zeichen des Krebses (Sommerpunkt), am 23. September im Zeichen der Wage (Herbstpunkt) und am 21. Dezember im Zeichen des Steinbocks (Winterpunkt). Den Parallelkreis, den die Sonne am 21. Juni durchläuft, wo ihre Deklination den größten Wert hat, nennt man den Wendekreis des Krebses; den entsprechenden Parallelkreis am 21. Dezember, wo die Deklination ihren kleinsten Wert hat, den Wendekreis des Steinbocks.

Vor ungefähr 2600 Jahren deckten sich die Zeichen des Tierkreises mit den gleichnamigen Sternbildern. Es stand also beispielsweise die Sonne am 21. März im Sternbild des Widders. Seitdem haben sich die Zeichen des Tierkreises stetig gegen die Sternbilder verschoben, so daß heutzutage die Sonne am 21. März im Sternbild der Fische steht. Es findet also ein Zurückweichen des Frühlingspunktes in der entgegengesetzten Richtung der jährlichen Sonnenbewegung statt. Dieses hat zur Folge, daß sich die Länge eines Sternes allmählich ändert.

Auch die Neigung der Ekliptik gegen den Äquator ändert sich langsam. Diese Neigung führt den Namen *Schiefe der Ekliptik.* Sie ist der Winkel, den die Ebene der Ekliptik mit der Äquatorebene bildet. Um ihn zu finden, brauchen wir bloß die Deklination des Sonnenmittelpunktes zu bestimmen, wenn seine Rektaszension auf 6^h gewachsen ist; denn dann hat die Deklination ihren größten Wert. Ungefähr stimmt dieser Wert mit der Deklination des Sonnenmittelpunktes bei der Kulmination am 21. Juni überein, und auf S. 20 hatten wir dafür $23\tfrac{1}{2}^0$ angegeben. Der genaue Wert ist gleich $23^0\,27'$. Im Altertum war die Schiefe der Ekliptik größer, und sie nimmt auch jetzt jährlich um etwa $0{,}5''$ ab. Dadurch nähert sie sich immer mehr dem Äquator und würde in 178 000 Jahren mit ihm zusammenfallen, wenn die Abnahme stets in derselben Weise vor sich gehen würde. Alsdann würde der Wechsel der Jahreszeiten verschwunden sein, wir würden in einem ewigen Frühling leben. Aber abgesehen davon, daß uns diese so ferne Zukunft herzlich wenig interessiert, wird auch die Abnahme der Schiefe der Ekliptik nicht gleichförmig erfolgen, sondern periodisch, wird es Zeiten geben, wo sie wieder wächst.

In der Fig. 7 haben wir für Berlin den Horizont und Äquator gezeichnet und die Ekliptik mit den Zeichen des Tierkreises für den Augenblick, wo der Frühlingspunkt untergeht. (Vgl. Anm. 2 auf S. 27.) Der Pfeil gibt an, in welcher Richtung die Sonne die Ekliptik durchläuft. Es kulminiert also gerade das Zeichen des Krebses, während das Zeichen der Wage aufgeht. Wir empfehlen dem Leser, noch einmal die Fig. 6 auf S. 21 zum Vergleich aufzuschlagen. Dort haben wir für vier Tage des Jahres, den 21. März, 21. Juni, 23. September und 21. Dezember, die scheinbare Bewegung der Sonne gezeichnet. Ein beliebiger Punkt auf einem der Parallelkreise entspricht einer bestimmten Stunde des betreffenden Tages. Demgegenüber gibt die Ekliptik in Fig 7 den Ort der Sonne an allen Tagen des Jahres, aber zu einer für jeden Tag anderen Zeit an. Ein beliebiger Punkt der Ekliptik entspricht einem ganz bestimmten Tage des Jahres und einer ganz bestimmten Stunde. Wir müssen daher streng die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne von ihrer scheinbaren täglichen scheiden; letztere bezieht sich auf die Erde und verläuft in Parallelkreisen zum Äquator, während sich die jährliche Bewegung auf die Fixsterne bezieht und auf der Ekliptik vor sich geht.

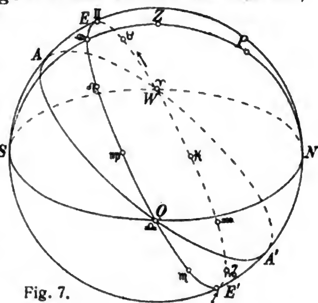


Fig. 7.

Die Bewegung der Sonne auf der Ekliptik vollzieht sich ungleichmäßig, im Sommer langsamer als im Winter. Wir wollen dies für das Jahr 1917 unter Heranziehung eines astronomischen Kalenders zeigen.

Die Sonne trat in das Zeichen

des Steinbocks am 22. Dez. 1916,
des Wassermanns am 20. Januar 1917,
der Fische am 19. Februar 1917,
des Widders am 21. März 1917,
des Stieres am 20. April 1917,
der Zwillinge am 21. Mai 1917,
des Krebses am 22. Juni 1917,
des Löwen am 23. Juli 1917,
der Jungfrau am 23. August 1917,
der Wage am 23. September 1917,
des Skorpions am 23. Okt. 1917,
des Schützen am 22. Nov. 1917,
des Steinbocks am 22. Dez. 1917.

Wir ersehen daraus, daß der Frühling 93 Tage umfaßt, der Sommer 93 Tage, der Herbst 90 Tage und der Winter 89 Tage. Die Sonne ist also auf der nördlichen Hälfte des Himmels eine volle Woche länger als auf der südlichen.

Es wird dem Leser vielleicht auffallen, daß in dem betrachteten Jahre der Sommer und der Winter nicht, wie gewöhnlich angegeben, am 21. Juni bzw. am 21. Dezember, sondern erst einen Tag später beginnt. Der Grund dafür ist, daß der Zeitpunkt des Ein-

tritts der Sonne in ein Zeichen des Tierkreises nicht immer zur selben Sternzeit stattfindet, man aber gezwungen ist, ihn einem bestimmten Tag zuzurechnen. Dadurch kann eine Verschiebung um einen Tag eintreten.

Auch die Deklination der Sonne ändert sich in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden schnell. Am größten sind die täglichen Änderungen zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, also am 21. März und 23. September, am kleinsten in den Sonnenwendepunkten am 21. Juni und 21. Dezember.

Zu der Ungleichförmigkeit der Bewegung der Sonne in der Ekliptik kommt noch eine weitere, viel schwerwiegendere: auch in den einzelnen Tagen des Jahres bewegt sich die Sonne mit wechselnder Geschwindigkeit. Um dies festzustellen, nehmen wir, wie wir es schon einmal getan haben, eine beliebige Pendeluhr zum Vergleich, von der wir nur das eine verlangen, daß sie völlig gleichmäßig geht. Nun bestimmen wir an einer Reihe von Tagen und zu verschiedenen Jahreszeiten die Zahl der Schwingungen, die das Pendel während eines vollen Sonnenumlaufes macht, also von einer Kulmination bis zur nächsten. Dabei zeigt sich, daß die Zahl der Schwingungen an den verschiedenen Tagen verschieden groß ist, im Sommer und Winter ist sie größer als im Frühling und Herbst, das heißt aber, daß die Tage verschieden lang sind, nämlich im Sommer und Winter länger als im Frühling und Herbst. Unter Tag verstehen wir dabei natürlich den vollen Sonnentag, nicht etwa nur die Dauer der Sichtbarkeit der Sonne. Wir hatten schon früher gesehen, daß *ein Sonnentag stets einige Minuten länger ist als ein Sterntag.* Dazu kommt jetzt also noch ein zweites unterscheidendes Merkmal des Sonnentages von dem Sterntag:

Die Sonnentage haben im Gegensatz zu den Sterntagen wechselnde Dauer.

In der Sternzeit hatten wir gerade wegen der Unveränderlichkeit der Dauer eines Sterntages ein vorzügliches Mittel zur Bestimmung der Zeit bei astronomischen Beobachtungen erkannt. Leider erwies sie sich aber als unbrauchbar für das tägliche Leben, weil wir uns dabei nach dem Laufe der Sonne richten müssen und nicht nach dem der Fixsterne. Wir hatten nun gehofft, in der wahren Sonnenzeit einen vollwertigen Ersatz der Sternzeit zu finden, aber diese Hoff-

nung müssen wir aufgeben: *Die wahre Sonnenzeit ist als Mittel zur Zeitbestimmung im bürgerlichen Leben ungeeignet!* Denn wie sollte man eine Pendeluhr herstellen, die wahre Sonnenzeit anzeigte? Und selbst wenn es möglich wäre, durch eine Reihe kunstvoller Mechanismen den Gang der Uhr selbsttätig so zu verändern, daß sie dem unregelmäßigen Sonnenlaufe folgte, wie sollte man sich bei unserem bis ins einzelne präzisierten Leben nach einer solchen Uhr richten können?

Bevor wir zeigen, wie man aus den bestehenden Schwierigkeiten einen Ausweg gefunden hat, wollen wir in aller Kürze auf die Erklärung der Unregelmäßigkeiten in der Sonnenbewegung eingehen.

Die jährliche Bewegung der Sonne auf der Ekliptik ist eine scheinbare. In Wirklichkeit kommt diese Bewegung der Erde zu. Diese dreht sich einmal täglich um ihre Achse und bewegt sich im Laufe eines Jahres um die Sonne. Die Bahn, die die Erde dabei beschreibt, ist nach dem ersten Keplerschen Gesetz[1]) eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Dadurch ist die Entfernung der Erde von der Sonne im Laufe eines Jahres verschieden groß, wie man auch unmittelbar durch Messung der scheinbaren Größe der Sonne finden kann. Im Sommer ist die Entfernung am größten, im Winter am kleinsten. Auf dieser Ellipse geht nun nach dem zweiten Keplerschen Gesetz die Bewegung derart vor sich, daß die Verbindungslinie der Erde mit der Sonne in gleichen Zeiten Flächen von gleicher Größe durchstreicht. Dies bringt mit sich, daß die Erde sich im Winter, wo diese Verbindungslinie kürzer ist, schneller bewegt als im Sommer, wo sie länger ist. Wir finden also jedenfalls eine ungleichmäßige Bewegung der Erde auf ihrer Bahn. Daher liegen die 365 Punkte der Ekliptik, die der Lage des Sonnenmittelpunktes bei seiner Kulmination entsprechen, in ungleichen Entfernungen voneinander, und wir erkennen einen Grund für die ungleiche Dauer der Sonnentage. Aus der elliptischen Bahn der Erde erklärt sich auch die ungleiche Dauer der Jahreszeiten. Die beiden Stellen der Erdbahn, bei denen die Sonne in der Ebene des Äquators steht, teilen die Ellipse nämlich in zwei ungleiche Bogen, der längere ist derjenige, der sich weiter von der Sonne entfernt. Da sich überdies auf diesem Bogen die Erde langsamer bewegt, so folgt, daß auf ihn mehr Tage entfallen als auf den anderen.

Selbst wenn die Sonne die Ekliptik mit gleichbleibender Geschwindigkeit durchliefe, so daß also die 365 Punkte in gleichen Abständen aufeinander folgten, würden doch die Tage verschiedene Länge haben. Dies folgt daraus, daß die Sonnenbahn gegen die Äquatorebene geneigt ist, und zwar um den ziemlich beträchtlichen

1) Vgl. das Bändchen 8 dieser Sammlung: P. Meth, Theorie der Planetenbewegung.

Winkel 23°27′. Legen wir nämlich durch die 365 Punkte der Ekliptik die Stundenkreise, so schneiden diese den Äquator wieder in 365 Punkten, aber diese Punkte haben *verschiedene* Entfernungen voneinander. Wir sehen dies noch besser ein, wenn wir uns in Fig. 7 die Schiefe der Ekliptik noch viel größer denken. Wir erkennen alsdann, daß zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen die Punkte auf dem Äquator enger beieinander liegen als zur Zeit der Wendepunkte. Nun messen wir aber die Stundenwinkel, d. h. die Zeiten, auf dem Äquator. (Vgl. S. 10.) Daraus geht also hervor, daß die Zeiten zweier aufeinander folgender Sonnenkulminationen, eben die Sonnentage, verschieden lang ausfallen.

9. Mittlere Sonnenzeit. Um nun aus den entstandenen Schwierigkeiten einen Ausweg zu finden und zu einer geeigneten Zeitbestimmung zu kommen, wollen wir uns einmal eine Sonne denken, deren Bewegung frei ist von all den Mängeln, die unserer wirklichen Sonnenbewegung anhaften. Diese fingierte Sonne soll sich zunächst das ganze Jahr hindurch gleichmäßig bewegen, und ihre Bahn soll nicht die Ekliptik, sondern der Äquator sein. Die Geschwindigkeit dieser Sonne soll so geregelt sein, daß sie im Frühlingspunkt ihre Bewegung mit der wahren Sonne beginnt und jedes Jahr mit ihr wieder im Frühlingspunkt zusammentrifft. Diese Sonne nennen die Astronomen im Gegensatz zu der wahren die *mittlere Sonne.* Auf ihrer Bewegung läßt sich eine Zeit begründen, die den Namen *mittlere Sonnenzeit* führt. Wir können zu ihr auch durch folgende Betrachtung kommen. Wir denken uns die Pendellänge einer Uhr so reguliert, daß die Uhr folgenden Bedingungen genügt. Sie soll in dem Augenblick, wo die Sonne in das Zeichen des Widders tritt, die wahre Sonnenzeit anzeigen, sie soll absolut gleichmäßig gehen, und ihre Geschwindigkeit soll so beschaffen sein, daß sie nach einem Jahre in dem Augenblick, wo die Sonne wieder in das Zeichen des Widders tritt, auch wieder die wahre Sonnenzeit anzeigt, und daß sie in der Zwischenzeit soviel mal 24 Stunden durchlaufen hat, als wahre Sonnentage verflossen sind. Eine so beschaffene Uhr zeigt mittlere Sonnenzeit an.

Da die mittlere Sonnenzeit und die Sternzeit zwei unveränderliche Zeitmaße sind, lassen sie sich zueinander in eine feste Beziehung setzen. Die Astronomen haben sehr genau die Dauer eines sogenannten mittleren Tages in Sternzeit ausgedrückt. Danach ist

1 mittlerer Tag Sonnenzeit = $24^h\ 3^m\ 56{,}57^s$ Sternzeit.

Also:

Ein Sonnentag ist rund 4 Minuten länger als ein Sterntag.

Umgekehrt ist

1 Sterntag = $23^h\ 56^m\ 4{,}08^s$ mittlerer Zeit oder

1 Sterntag = 86164 Sekunden mittlerer Zeit.

Auch zwischen der wahren und der mittleren Sonnenzeit besteht eine Beziehung, jedoch von Tag zu Tag eine andere. Um sie zu finden, brauchten wir an unserer mittlere Sonnenzeit anzeigenden Uhr nur jeden Mittag zur Zeit der Sonnenkulmination die Zeit abzulesen. Dann wüßten wir, wieviel Minuten und Sekunden (mittlere Zeit) wir an dem betreffenden Tage zu der wahren Sonnenzeit hinzuzufügen hätten, um die mittlere Sonnenzeit zu erhalten. Dieser Unterschied zwischen der mittleren und der wahren Sonnenzeit heißt *Zeitgleichung*. Die Astronomen haben die Werte der Zeitgleichung für jeden Tag des Jahres genau bestimmt. Wir entnehmen folgende Tabelle im Auszug dem Berliner Astronomischen Jahrbuch für 1917.

Tafel der Zeitgleichung

Datum		Zeit-gleichung	Datum		Zeit-gleichung
Januar	1.	$+ 3^m\ 34^s$	Juli	1.	$+ 3^m\ 32^s$
	11.	$+ 7^m\ 58^s$		11.	$+ 5^m\ 12^s$
	21.	$+ 11^m\ 24^s$		21.	$+ 6^m\ 11^s$
Februar	1.	$+ 13^m\ 43^s$	August	1.	$+ 6^m\ 10^s$
	11.	$+ 14^m\ 24^s$		11.	$+ 5^m\ 7^s$
	21.	$+ 13^m\ 49^s$		21.	$+ 3^m\ 8^s$
März	1.	$+ 12^m\ 34^s$	September	1.	$+ 0^m\ 3^s$
	11.	$+ 10^m\ 15^s$		11.	$- 3^m\ 17^s$
	21.	$+ 7^m\ 24^s$		21.	$- 6^m\ 48^s$
April	1.	$+ 4^m\ 3^s$	Oktober	1.	$- 10^m\ 12^s$
	11.	$+ 1^m\ 10^s$		11.	$- 13^m\ 8^s$
	21.	$- 1^m\ 15^s$		21.	$- 15^m\ 15^s$
Mai	1.	$- 2^m\ 56^s$	November	1.	$- 16^m\ 20^s$
	11.	$- 3^m\ 46^s$		11.	$- 15^m\ 56^s$
	21.	$- 3^m\ 37^s$		21.	$- 14^m\ 7^s$
Juni	1.	$- 2^m\ 2^s$	Dezember	1.	$- 11^m\ 1^s$
	11.	$- 0^m\ 42^s$		11.	$- 6^m\ 49^s$
	21.	$+ 1^m\ 26^s$		21.	$- 1^m\ 58^s$

Diese Tafel gibt die Zahl der Minuten und Sekunden an, die man zu der wahren Sonnenzeit zu addieren beziehungsweise zu subtrahieren hat, um die mittlere Zeit zu erhalten. Es ist also stets

wahre Sonnenzeit + Zeitgleichung = mittlere Sonnenzeit.

Die Werte der Zeitgleichung sind teils positiv, teils negativ, im letzteren Falle ist die wahre Sonne der mittleren in ihrer Bewegung voraus. Den Verlauf der Werte der Zeitgleichung können wir mit einem Blick durch eine graphische Darstellung übersehen.

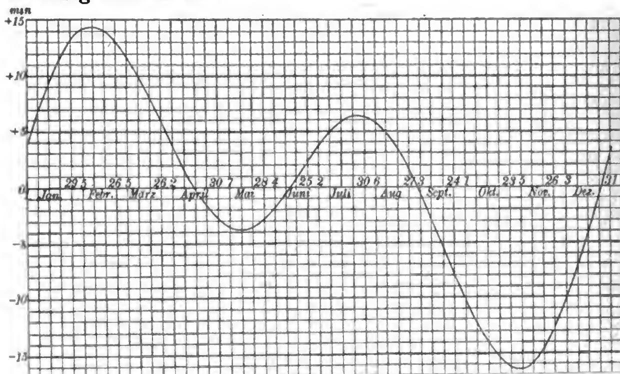


Fig. 8.

Eine solche zeigt uns Fig. 8. Auf der *X*-Achse haben wir die Tage, auf der *Y*-Achse die Werte der Zeitgleichung aufgetragen. Jedem Punkt der Kurve entspricht ein bestimmter Tag und ein bestimmter Wert der Zeitgleichung. Aus dem Verlauf der Kurve erkennen wir, daß viermal im Jahre, nämlich am 15. April, 14. Juni, 1. September und 25. Dezember die Zeitgleichung den Wert Null hat, den größten Wert hat sie am 11. Februar, den kleinsten am 3. November. Ihre Gesamtschwankung beträgt $30^{m}\,46^{s}$. Daß die Zeitgleichung am 15. April und nicht zu Frühlingsanfang den Wert Null hat, ist willkürliche Festsetzung. Dadurch erreichen wir, daß die Schwankungen der Werte der Zeitgleichung nach oben und unten nahezu gleich werden. Die Form der die Zeitgleichung darstellenden Kurve bleibt durch diese Festsetzung völlig unverändert. Nur die Abszissenachse wird parallel zu sich verschoben.

Die Werte der Zeitgleichung an demselben Kalendertage verschiedener Jahre weichen etwas voneinander ab. Dies kommt daher, daß ein Jahr nicht genau gleich 365 Tagen

ist, sondern etwas mehr, nämlich gleich $365^d\ 5^h\ 48^m\ 47^s$ mittlerer Zeit. Die Abweichungen erstrecken sich indessen nur auf einige Sekunden und werden in der Zeichnung nicht bemerkt.

Fassen wir noch einmal die Ergebnisse kurz zusammen. Aus der gleichförmigen täglichen Bewegung der Fixsterne hatten wir ein Maß für die Zeit abgeleitet, die *Sternzeit.* Diese genügte indessen nicht zur Beschreibung von Vorgängen des täglichen Lebens, weil hierfür allein die Bewegung der Sonne maßgebend ist, und bei Benutzung der Sternzeit die Sonne täglich zu einer anderen Zeit (und zwar zu jeder möglichen von 0^h bis 24^h) im Mittag stehen würde. Andererseits erwies sich auch die aus der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne abgeleitete *wahre Sonnenzeit* als unbrauchbar, weil dann die einzelnen Tage des Jahres verschiedene Dauer haben würden. Aus diesem Dilemma fanden wir einen Ausweg durch Einführung einer erdachten Sonne, der wir eine bestimmte Bahn und eine gleichbleibende Geschwindigkeit zuschrieben, und auf deren täglicher Bewegung wir die *mittlere Sonnenzeit* gründeten. Diese hat vor der wahren Sonnenzeit den Vorzug der Unveränderlichkeit und weicht überdies von ihr nur um höchstens $16\frac{1}{2}$ Minuten ab. Damit haben wir ein zur Messung von Vorgängen auf der Erde durchaus brauchbares Zeitmaß gewonnen. Das Rechnen nach mittlerer Sonnenzeit ist erst verhältnismäßig spät, nämlich im Jahre 1780 von Mallet in Genf, eingeführt worden. Bis dahin rechnete man nach wahrer Sonnenzeit.

DRITTER ABSCHNITT

BÜRGERLICHE ZEIT

10. Ortszeit. Wenn wir an allen Orten die Uhren nach mittlerer Sonnenzeit stellen, dann erhalten wir die sogenannte *mittlere Ortszeit* oder kurz *Ortszeit.* Nach ihr richtete man sich bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ganz allgemein im bürgerlichen Leben, und zuweilen wurden auch astronomische Angaben in ihr gemacht. Mit dem ungeheuren Aufschwung, den unsere Verkehrsmittel seit Einführung des Personenverkehrs durch Eisenbahnen (etwa seit 1850) genommen haben, machte sich indessen ein Übelstand immer mehr bemerkbar, nämlich der, daß die Uhren an verschiedenen Orten unter-

einander einen Gangunterschied zeigten. Dieser rührt von der Abhängigkeit der Ortszeit von der geographischen Länge her

In Berlin, dessen geographische Länge 13° 24′ östlich von Greenwich ist, wird die Sonne eher kulminieren als in Köln von 6° 58′ östlicher Länge, eine Berliner Uhr wird daher gegen eine Kölner vorgehen und zwar um 26 Minuten, wie folgende Rechnung zeigt. Wenn die mittlere Sonne bei ihrem täglichen Lauf sich in 24 Stunden ganz um die Erde gedreht hat, hat sie Orte von einem Gesamtlängenunterschied von 360° passiert. Einem Längenunterschied von 1° entspricht daher ein Zeitunterschied von $\frac{24^h}{360} = 4^m$, ganz wie bei der Sternzeit (vgl. S. 12). Nun ist der Längenunterschied von Berlin und Köln rund $6\frac{1}{2}°$, folglich beträgt der Unterschied der Ortszeit $6\frac{1}{2} \cdot 4^m$ oder 26^m. Es liegt auf der Hand, daß bei Reisen das Rechnen nach Ortszeit sehr unbequem ist. Daß es auch zu falschen Vorstellungen Anlaß geben kann, wollen wir an ein paar Beispielen zeigen.

Aus einem Eisenbahnkursbuch entnehmen wir folgenden Fahrplan für die Strecke Berlin–Köln und zurück:

D 6 1–3	D 8 1–3	D 26 1–2		Stationen		D 5 1–3	D 7 1–3	D 25 1–2
$9^{\underline{18}}$	8^{43}	7^{44}	ab	Berlin Schl. Bhf.	an	7^{36}	$7^{\underline{16}}$	$12^{\underline{36}}$
$1^{\underline{47}}$	12^{36}	11^{25}	an	Hannover	ab	$3^{\underline{28}}$	3^{25}	$8^{\underline{58}}$
$1^{\underline{53}}$	12^{45}	11^{32}	ab		an	$3^{\underline{12}}$	3^{20}	$8^{\underline{53}}$
$5^{\underline{01}}$	3^{43}		an	Dortmund	ab	$11^{\underline{53}}$	12^{22}	
$5^{\underline{06}}$	3^{48}		ab		an	$11^{\underline{47}}$	12^{16}	
6^{10}	5^{09}		an	Duisburg.	ab	$10^{\underline{43}}$	11^{11}	
6^{15}	5^{12}		ab		an	$10^{\underline{41}}$	11^{09}	
7^{15}	5^{48}	3^{56}	an	Köln	ab	$9^{\underline{42}}$	10^{10}	4^{24}

Der Zug D 6 und sein Gegenzug D 5 legen die Strecke in 9^h 57^m bzw. 9^h 54^m zurück, die Züge D 8 und D 7 in 9^h 5^m bzw. 9^h 6^m und die Züge D 26 und D 25 in 8^h 12^m. Die Fahrzeiten sind dabei nicht in Ortszeit, sondern, wie wir vorwegnehmen wollen, in sogenannter mitteleuropäischer Zeit (vgl. S. 38) angegeben. In Ortszeit würde derselbe Fahrplan folgende Gestalt haben:

D 6 1–3	D 8 1–3	D 26 1–2		Stationen		D 5 1–3	D 7 1–3	D 25 1–2
$9^{\underline{12}}$	8^{37}	7^{38}	ab	Berlin Schl. Bhf.	an	7^{30}	7^{10}	$12^{\underline{30}}$
$1^{\underline{26}}$	12^{15}	11^{04}	an	Hannover	ab	$3^{\underline{07}}$	3^{04}	$8^{\underline{37}}$
$1^{\underline{32}}$	12^{24}	11^{11}	ab		an	$2^{\underline{51}}$	2^{59}	$8^{\underline{32}}$
$4^{\underline{31}}$	3^{13}		an	Dortmund	ab	$11^{\underline{23}}$	11^{52}	
$4^{\underline{36}}$	3^{18}		ab		an	$11^{\underline{17}}$	11^{46}	
$5^{\underline{37}}$	4^{36}		an	Duisburg.	ab	$10^{\underline{10}}$	10^{38}	
$5^{\underline{42}}$	4^{39}		ab		an	$10^{\underline{08}}$	10^{36}	
6^{43}	5^{16}	3^{24}	an	Köln	ab	$9^{\underline{10}}$	9^{38}	3^{52}

Wenn wir jetzt wieder die Gesamtfahrzeiten der einzelnen Züge und ihrer Gegenzüge berechnen, so ergibt sich ein wesentlich anderes Bild. Zu der Strecke von Berlin bis Köln sind die Züge $9^h 31^m$ bzw. $8^h 39^m$ bzw. $7^h 46^m$ und zu der entgegengesetzten Strecke $10^h 20^m$ bzw. $9^h 32^m$ bzw. $8^h 38^m$ unterwegs. Es macht also den Eindruck, als ob die Züge bei der Hinfahrt schneller gefahren sind als bei der Rückfahrt. Wie man sich aber aus dem ersten Fahrplan überzeugt, stimmen die Fahrzeiten der Zugpaare bis auf einen Unterschied von höchstens 3^m überein. Die Verschiedenheit beruht demnach auf einer Täuschung, sie ist dadurch hervorgerufen, daß man bei einer Fahrt nach Westen eine nach Berliner Zeit gehende Taschenuhr fortgesetzt zurückstellen muß, und bei umgekehrter Fahrt eine nach Kölner Zeit gehende fortgesetzt vor. Im ersten Falle erhalten wir also zu wenig, im zweiten Falle zu viel Fahrzeit. Der Gesamtfehler muß gleich dem Doppelten des Gangunterschiedes der Berliner und der Kölner Ortszeit sein. Und in der Tat beträgt bei dem Zugpaar D 26, D 25, das genau dieselbe Fahrgeschwindigkeit hat, der Unterschied zwischen Hin- und Rückfahrt 52^m, d. h. $2 \cdot 26^m$.

Ein anderes Paradoxon. Es erhält jemand in Köln um $8^h 15^m$ ein Telegramm aus Berlin, das nach dem Aufgabestempel um $8^h 21^m$ aufgegeben wurde. Der scheinbare Widerspruch in den Zeitangaben löst sich aber, wenn wir bedenken, daß es in dem Augenblick der Aufgabe in Köln erst $8^h 21^m - 26^m = 7^h 55^m$ war. Das Telegramm ist also gar nicht früher angekommen, als es abgesandt wurde, sondern es ist 20 Minuten unterwegs gewesen.

Diese Beispiele könnten wir beliebig vermehren. So haben wir noch keinen Gebrauch davon gemacht, daß die Längenkreise nach den Polen der Erde hin immer enger aneinander verlaufen. Während am Äquator die Entfernung zweier Orte von 15^0 Längenunterschied 1670 km beträgt, ist auf den Parallelkreisen diese Entfernung geringer. Unter 85^0 Breite beträgt sie beispielsweise nur 145 km, so daß eine auf diesem Breitenkreise in westlicher Richtung fahrende elektrische Schnellbahn sehr gut mit der Sonne Schritt halten könnte. Es würde demnach, solange die Bahn mit 145 km/Std. Geschwindigkeit führe, die Uhr dieselbe Zeit anzeigen.

11. Zonenzeit. Um den Unbequemlichkeiten zu entgehen, die sich im Verkehrswesen aus der Benutzung der Ortszeit ergeben, haben sich zuerst die Eisenbahndirektionen veranlaßt gesehen, eine andere Zeit einzuführen, die dann später zur Landeszeit wurde. Man nahm als Einheitszeit die Ortszeit der Hauptstadt des betreffenden Landes und rechnete in dem ganzen Lande nach dieser Ortszeit. Noch heute haben einige Länder eine solche Nationalzeit (siehe die Tabelle auf

S. 39 und 40), andere nur im Verkehrsleben, während im bürgerlichen Leben die mittlere Sonnenzeit in Geltung geblieben ist.

Nachdem man einmal die Vorteile erkannt hatte, die sich aus der Einführung einer Einheitszeit ergeben, ging man dazu über, eine Verständigung unter den einzelnen Ländern herbeizuführen, um zu einer noch einheitlicheren Zeitrechnung zu gelangen, die ein umständliches Umrechnen überflüssig machte. Eine solche ergab sich aus den Längenkreisen auf der Erde. Man teilte die Erde in Zonen von je 15^0 Längenunterschied ein und setzte fest, daß innerhalb einer Zone eine Normalzeit gelte, die sich von der Normalzeit der benachbarten Zonen um genau eine Stunde unterscheiden sollte Als Ausgang wählte man den Meridian von Greenwich. Die Greenwicher Ortszeit sollte demnach maßgebend sein in dem Bereich von $7^1/_2{}^0$ westlicher Länge bis $7^1/_2{}^0$ östlicher Länge, von da bis $22^1/_2{}^0$ östlicher Länge sollte die Ortszeit des Längenkreises 15^0 östlich von Greenwich maßgebend sein, usf. Nachdem anfangs die internationalen Verhandlungen an dem Widerstand Frankreichs scheiterten, welches der Greenwicher Zeit nicht den Vorrang vor der Pariser Zeit lassen wollte, kam man später, auf einer Diplomatenkonferenz in Washington 1884, zu einer allgemeinen Verständigung. Die Grenzen der Zonen wurden aber nicht genau nach dem Längenkreis bestimmt, sondern nach der nächsten Landesgrenze. In Deutschland wurde die Zonenzeit am 1. April 1893 gesetzlich eingeführt. Sie richtet sich nach dem Meridian 15^0 östlich von Greenwich, der ungefähr durch Görlitz geht. Sie führt den Namen *mitteleuropäische Zeit* (MEZ). Die Abweichungen der mitteleuropäischen Zeit von der Ortszeit sind an den verschiedenen Orten Deutschlands natürlich verschieden. Für Görlitz ist der Unterschied gleich 0. Für Berlin beträgt er $+ 6^1/_2{}^m$, das heißt in Berlin gehen die Normaluhren $6^1/_2$ Minuten der Ortszeit vor. An anderen Orten ist der Unterschied zwischen MEZ und Ortszeit erheblich größer, z. B. in Köln 32 Minuten, in Königsberg $- 23^m$.

Die Tabelle auf den Seiten 39 und 40 enthält die Normalzeiten der einzelnen Länder.[1]) Sie zerfällt in zwei Teile. In dem ersten sind die Länder verzeichnet, die die Zonenzeit eingeführt haben.

1) Die Tabelle ist dem Berliner Astronomischen Jahrbuch entnommen.

Als Normalzeit dient die Greenwicher Zeit, die auch den Namen *Weltzeit* führt (vgl. S. 42). Die Stunden und Minuten mit einem O oder W unter der Überschrift „Normalzeit" geben an, um wieviel die betreffende Zeit nach der Greenwicher Zeit vor- bzw. nachgeht. In dem zweiten Teile sind die Länder angeführt, die die *nationale Zeit* behalten haben. Der Längenunterschied des Hauptmeridians von Greenwich ist in Stunden und Minuten umgerechnet, ein O bedeutet, die Uhr geht soundsoviel Stunden und Minuten vor Greenwicher Zeit vor, ein W bedeutet, sie geht nach Greenwicher Zeit nach. Die Tabelle entspricht dem Stande vor Ausbruch des Weltkrieges.

Tabelle der Normalzeiten.

a) An den Meridian von Greenwich angeschlossen:

Normalz.	Bezeichnung	Staaten
$11^h\,30^m$ O	—	Neuseeland
$10^h\,0^m$ O	Ostaustralische Zeit	Viktoria, Neusüdwales, Queensland, Tasmanien
$9^h\,30^m$ O	—	Südaustralien
$9^h\,0^m$ O	—	Japan, Korea
$8^h\,0^m$ O	Ostchin. Küstenzeit	Ostküste v. China, Westaustralien
$7^h\,0^m$ O	Südchin. Küstenzeit	Südküste v. China, Franz.-Indochina
$5^h\,30^m$ O	—	Ostindien
$2^h\,30^m$ O	—	Deutsch-Ostafrika
$2^h\,0^m$ O	Osteuropäische Zeit	Bulgarien, Rumänien, Türkei, Südafrika
$1^h\,0^m$ O	MEZ	Dänemark, Deutschland, Italien, Luxemburg, Norwegen, Österreich-Ungarn, Schweden, Schweiz, Serbien, Deutsch-Südwestafrika
$0^h\,0^m$	Westeurop. Zeit (Greenw. Z., Weltzeit)	Belgien, Frankreich, Großbritannien, Portugal, Spanien, Gibraltar, Algerien
$3^h\,0^m$ W	—	Ostbrasilien
$4^h\,0^m$ W	Atlantic States Time	Mittelbrasilien, Kanada (Küste)
$5^h\,0^m$ W	Eastern States Time	Kanada (Quebec, Ontario bis 82° 30′ W), Ver. Staaten (Ostzone), Chile, Panama, Peru, Westbrasilien
$6^h\,0^m$ W	Central States Time	Zentralzone von Kanada und Ver. Staaten
$7^h\,0^m$ W	Mountain States Time	Gebirgszone von Kanada und Ver. Staaten
$8^h\,0^m$ W	Pacific States Time	Ver. Staaten (Pazifische Küste), Britisch-Kolumbien
$10^h\,30^m$ W	—	Sandwich-Inseln

b) Nicht an den Meridian von Greenwich angeschlossen:

Staaten	Meridian	Längendifferenz	Staaten	Meridian	Längendifferenz
Argentinien	Kordova	$4^h 17^m$ W	Mexiko	Mexiko	$6^h 36^m$ W
Ekuador	Quito	$5^h 14^m$ W	Niederlande	Amsterdam	$0^h 20^m$ O
Griechenland	Athen	$1^h 35^m$ O	Rußland	Pulkowa	$2^h\ 1^m$ O
Irland	Dublin	$0^h 25^m$ W	Uruguay	Montevideo	$3^h 45^m$ W
Kolumbien	Bogota	$4^h 57^m$ W	Venezuela	Karakas	$4^h 28^m$ W

Mit der Einführung der mitteleuropäischen Zeit ist in Deutschland das lästige Umstellen der Uhren bei Reisen beseitigt worden. Die Fahrpläne in unseren Kursbüchern gelten für mitteleuropäische Zeit[1]) und lassen sofort einen Schluß auf die Geschwindigkeit der einzelnen Züge zu (vgl. S. 36). Geht ein Zug über die Grenze einer Zeitzone, dann sind im allgemeinen die Uhren um eine volle Stunde vor- oder nachzustellen. Anders ist es allerdings z. B. bei Reisen nach Holland, das nach Amsterdamer Zeit rechnet. Aus der zweiten Tabelle ersehen wir, daß die Amsterdamer Zeit 20 Minuten der Greenwicher Zeit voraus ist, demnach bleibt sie 40 Minuten hinter mitteleuropäischer Zeit zurück. Bei Reisen von Deutschland nach Holland hat man infolgedessen die Uhr um 40 Minuten nachzustellen, umgekehrt um 40 Minuten vor, wenn man die Grenze von Holland in der Richtung nach Deutschland überschreitet. In den Fahrplänen ist hierauf natürlich zu achten, es findet sich auch darin stets ein Hinweis auf die Größe des Zeitunterschiedes.

12. Datumgrenze. Wenn jemand eine Reise um die Welt in westlicher Richtung macht, wird eine nach der Ortszeit seines Ausgangsortes gehende Uhr allmählich Unterschiede gegen die Ortszeiten der passierten Orte zeigen, sie wird gegen diese vorauseilen. Will er seine Uhr mit der geltenden Zeit der passierten Orte in Einklang bringen, so wird er sie ständig zurückstellen müssen: um 1 Stunde, wenn er sich 15^0 westlich von seinem Anfangsorte befindet, 2 Stunden, wenn er sich 30^0 von ihm entfernt hat, usw., 24 Stunden

1) Für die Sommermonate gelten sie für Sommerzeit. Vgl. S. 46.

endlich, wenn er sich 360° von ihm entfernt hat, d. h. wenn er wieder zu seinem Ausgangsorte zurückkommt. Dann wird er aber einen ganzen Tag verloren haben; denn hätte er seine Uhr nicht zurückgestellt, so wäre sie 24 Stunden, d. h. einen Tag weiter. Er ist mit der Sonne gereist und hat diese während seiner Weltreise einmal weniger aufgehen sehen, als wenn er in seinem Ausgangsorte geblieben wäre. Das Umgekehrte tritt ein, wenn jemand nach Osten reist. Dann bleibt seine Uhr hinter der Ortszeit der Orte, an denen er vorbeikommt, zurück, bei je 15° um 1 Stunde. Er muß sie also fortgesetzt vorstellen, im ganzen um 24 Stunden, und wenn er an seinen Ausgangsort zurückkommt, ist er dem geltenden Datum um einen Tag voraus; er hat bei seiner Reise die Sonne einmal mehr aufgehen sehen, als wenn er gar nicht gereist wäre.[1]) Ebenso werden zwei Reisende, die von demselben Orte aus aufbrechen, und von denen der eine ostwärts, der andere westwärts reist, wenn sie sich unterwegs treffen, ein verschiedenes Datum zählen. Der ostwärts reisende wird einen Wochentag weiter sein als der westwärts reisende. Diese durch nichts zu beseitigende Tat-



Fig. 9. Datumgrenze.

1) Diese Tatsache spielt in dem bekannten Roman von Jules Verne „Die Reise um die Erde in 80 Tagen" eine entscheidende Rolle.

sache hat in der Kulturgeschichte der Völker oft zu Verwicklungen Anlaß gegeben, so bei der Entdeckung von Ländern. Die Holländer kamen bei ihren Entdeckungsreisen von Westen, die Spanier von Osten; jene waren im Datum einen Tag weiter als diese, und so kam es, daß an demselben Orte nach zweierlei Datum gerechnet wurde. Um diesen Verwicklungen zu entgehen, hat man sich geeinigt, den 180. Grad als sogenannte *Datumgrenze* anzusehen. Fährt ein Schiff von Osten nach Westen, so wird beim Überschreiten dieses Längenkreises ein Tag übersprungen, in umgekehrter Fahrtrichtung ein Tag doppelt gezählt. Die Datumgrenze folgt nicht ganz genau dem 180. Längengrad (Fig. 9), sie weicht in der Beringstraße und bei den Fidschi-Inseln etwas nach Osten, bei den Alëuten etwas nach Westen ab. Die Orte östlich von der Datumgrenze sind im Datum einen Tag zurück gegen die westlich gelegenen. Bis zum Jahr 1844 verlief die Datumgrenze wesentlich anders[1]); sie machte eine große Ausbiegung nach Westen und umspannte in ihrem östlichen Teile die Philippinen (die von Osten her entdeckt worden sind).

13. Uhren und Zeitsignale. Ebenso wie man aus dem Gangunterschied zweier nach Ortszeit gehender Uhren den Längenunterschied der betreffenden Orte berechnen kann, kann man aus der Differenz von Zonenzeit und Ortszeit die geographische Länge eines Ortes berechnen. In Hamburg geht eine Normaluhr vor der Ortszeit um 20 Minuten vor. Da die Normalzeit die mitteleuropäische Zeit ist und diese 1 Stunde vor Greenwicher Zeit vorgeht, so geht die Hamburger Zeit 40 Minuten der Greenwicher Zeit vor. Nun entsprechen 4 Minuten einem Längenunterschiede von 1^0, also liegt Hamburg 10^0 östlich von Greenwich.

Diese Längenbestimmung ist für den Seemann von großer Wichtigkeit. Weil es bei ihr auf die Entfernung von dem Greenwicher Meridian ankommt, wählt man auch die Greenwicher Zeit als Normalzeit bei allen Seereisen. Dies erklärt den Namen Weltzeit für die Greenwicher Zeit.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß in neuester Zeit Bestrebungen im Gange sind, den Greenwicher Meridian von seiner weltbeherrschenden Stellung zu stürzen und eine Deutsche Länge und Deutsche Zeit einzuführen. Der Nullmeridian für die Deutsche

1) Siehe die gestrichelte Linie in Fig. 9.

Länge soll der Meridian von Berlin sein, und als Deutsche Zeit soll die mittlere Berliner Ortszeit gelten. Diese soll sich auf eine Zone $7\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich und westlich von Berlin erstrecken. Sie würde gegen MEZ um $6^m 25^s$ abweichen. (12^h MEZ = $11^h 53^m 35^s$ DZ.) Ein anderer Vorschlag will Braunschweig zum Ausgang für Deutsche Länge und Zeit wählen, weil neben anderen Gründen alsdann der 180. Längengrad und damit die Datumgrenze kein Festland, sondern nur Wasser trifft. Er geht dann nämlich durch die Beringstraße.

Natürlich muß der Seemann, um eine Längenbestimmung auszuführen, zuerst die Ortszeit des Schiffes bestimmen. Dazu verfolgt er am besten den Lauf der Sonne, bis ihre Höhe nicht mehr wächst. Dann ist es 12^h wahre Sonnenzeit. Durch Hinzufügen der Zeitgleichung für den betreffenden Tag erhält er die mittlere Sonnenzeit und aus Vergleich mit der nach Greenwicher Zeit gehenden Schiffsuhr die Zeitdifferenz und daraus, wie oben angegeben, die geographische Länge. Aus der Kulminationshöhe der Sonne erhält er auch die geographische Breite, nämlich durch Subtraktion der Deklination für den betreffenden Tag zunächst die Äquatorhöhe und daraus durch Subtraktion von 90^0 die geographische Breite. Damit hat er dann die Lage des Schiffes bestimmt und kann aus den mitgeführten Karten sehen, ob er den richtigen Kurs steuert.

Voraussetzung bei der Längenbestimmung ist natürlich, daß die Schiffsuhr wirklich Greenwicher Zeit anzeigt und auch während langer Seereisen zuverlässig bleibt. Die Konstruktion der Schiffsuhren (häufig Chronometer genannt) erfordert daher ein außerordentlich großes Maß von Sorgfalt. Bei den Uhren kommt es vor allem auf einen gleichmäßigen Gang an, Temperatur- und Witterungsänderungen sollen ihn nicht beeinflussen. Um störende Einwirkungen der Schiffsbewegungen zu verhindern, werden die Uhren in besonderer Weise aufgehängt, nämlich innerhalb zweier konzentrischer Kreise, von denen der innere um einen Durchmesser des äußeren drehbar ist, und der äußere wiederum um einen zu dem ersten senkrechten Durchmesser. Auf den Schiffen befinden sich meist mehrere Chronometer, auf Kriegsschiffen drei bis vier, die zur gegenseitigen Kontrolle dienen. Von jedem Chronometer muß der Seemann den *Stand* und den *Gang* kennen. Unter dem Stand versteht man die Abweichung von Greenwicher Zeit und unter dem Gang die Veränderung

des Standes mit der Zeit. Auch die Chronometer sind nicht frei von Fehlern, notwendig ist aber, daß man sie und ihre Veränderung genau kennt.

Zur Prüfung der Chronometer dienen besondere Chronometer-Observatorien; für die Marine bestehen solche in Kiel und Wilhelmshaven, für Handelsschiffe in Hamburg. Dort werden die Chronometer genau untersucht, und es wird über die Beschaffenheit ein Befund aufgenommen, der dann bei Benutzung der Instrumente berücksichtigt wird. Die tägliche Abweichung eines guten Chronometers darf nur wenige Hundertstel einer Sekunde betragen und muß konstant bleiben.

Der Seemann muß aber auch imstande sein, selbst den Stand seines Chronometers prüfen zu können. Vor der Ausfahrt geschieht dies in Hafenstädten durch Beobachtung weithin sichtbarer Zeitsignale, die jeden Tag zu einer bestimmten Zeit, meist um 12 Uhr nach Greenwicher Zeit, gegeben werden. In der Regel geschieht die Zeitangabe durch Herabfallen eines Balles von 1,5 m Durchmesser, des sogenannten Zeitballes, der sich meist auf einer hohen turmartigen Säule oder auf Türmen hoher Bauten befindet.

Der Hamburger Zeitball (Fig. 10) wird 10 Minuten vor 12 Uhr auf halbe Höhe gezogen und dort 7 Minuten belassen. Dies dient den Seeleuten als Hinweis auf das bevorstehende Zeichen. Drei Minuten vor 12 Uhr wird er dann ganz hochgezogen und im Augenblicke des Greenwicher Mittags fallen gelassen. Die Auslösung der Fallvorrichtung geschieht auf elektrischem Wege. Durch mehrtägige Beobachtung dieses Zeitballes können sich die Seeleute über den Stand und den Gang ihrer Chronometer unterrichten. Um den Seeleuten auch bei der Heimreise Gelegenheit zum Prüfen der Chronometer zu geben, werden von der Norddeicher Funkentelegraphenstation zweimal am Tage, um Mittag und um Mitternacht nach Greenwicher Zeit, selbsttätig Zeitsignale durch drahtlose Telegraphie gegeben, die einen Wirkungskreis von 1500 km haben. Die Funkenstation erhält selbst die richtige Zeit von der Sternwarte in Wilhelmshaven.

Von ebenso großer Wichtigkeit wie auf der See ist die Kenntnis der richtigen Zeit auf dem Festlande. Aufgabe der Sternwarten ist es, diese genau festzustellen, dagegen befassen sie sich mit der Weiterverbreitung der richtigen Zeit, der sogenannten Zeitausteilung, wenig oder gar nicht. Diese fällt vielmehr Privatgesellschaften zu, insbesondere der Normalzeit-Gesellschaft, deren Hauptsitz Berlin ist.



Fig. 10.

Durch ein besonderes Kabel ist die Hauptuhr dieser Gesellschaft mit der im Observatorium der Kgl. Sternwarte in Berlin aufgestellten astronomischen Präzisionsuhr verbunden. Jede zweite Sekunde sendet die Uhr der Sternwarte einen Stromimpuls zu der Zentraluhr der Gesellschaft und zwingt dadurch das Pendel der letzteren, völlig im Einklang mit dem der ersteren zu schwingen. Die Normalzeit-Gesellschaft hält nun ihrerseits wieder andere Uhren, z. B. in den kaiserlichen Gebäuden, den Ministerien, den Gesandtschaften, Kasernen, Gerichtsgebäuden, sowie die auf öffentlichen Plätzen aufgestellten *Normaluhren* in richtigem Gange. Ferner hat die Regierung der Normalzeit-Gesellschaft die Richtighaltung der Uhren ihrer großen Verkehrsinstitute übertragen. So gehen von der Hauptuhr der Gesellschaft Leitungen zu den Zentraluhren der Reichspost- und Telegraphenverwaltung sowie der Staatseisenbahnverwaltung. Diese befinden sich im Haupttelegraphenamt bzw. auf dem Schlesischen Bahnhof in Berlin. Vom Haupttelegraphenamt wird dann weiter jeden Morgen zu einer bestimmten Stunde, nämlich um 8 Uhr, ein Zeitsignal nach allen direkt mit ihm verbundenen Telegraphenämtern gegeben. Während dieser Zeit dienen alle Leitungen der Übermittlung dieses Zeitzeichens und ruhen für

den sonstigen Verkehr. Sollte ein Beamter noch telegraphieren, so laufen seinem Telegramm die vorbereitenden Zeichen MEZ, MEZ, . . . unter, und er wird auf das kommende Zeitsignal hingewiesen. Dieses besteht in einem langen Strich, bei dessen Ende es genau 8^h ist. Eine Stunde später geben die Telegraphenämter den Zweiganstalten ein entsprechendes Zeitsignal. In ähnlicher Weise vollzieht sich die Übermittlung der richtigen Zeit von der Normaluhr auf dem Schlesischen Bahnhof aus an alle Bahnhöfe des preußischen Eisenbahnnetzes. Die Normalzeit-Gesellschaft überträgt übrigens auch die richtige Zeit dem Ballistischen Laboratorium auf eine Uhr, nach der die Fluggeschwindigkeit der Geschosse gemessen wird.

14. Sommerzeit. Für die Zeit vom 1. April bis 30. September 1916 hat durch ein Gesetz in Deutschland die mitteleuropäische Zeit aufgehört, für das bürgerliche Leben maßgebend zu sein. An ihre Stelle ist die sogenannte *Sommerzeit* getreten, die nichts anderes als die osteuropäische Zeit ist. Der Übergang von der mitteleuropäischen Zeit zur Sommerzeit vollzog sich in der Weise, daß am 31. März 1916 um 11 Uhr abends die Uhren auf sämtlichen Bahnhöfen und öffentlichen Plätzen des Deutschen Reiches um eine Stunde vorgestellt wurden. Dadurch fiel die Stunde von 11^h bis 12^h aus, und es mußten im Verkehrswesen sorgfältige Vorbereitungen getroffen werden, damit sich beim Übergang von der alten zur neuen Zeit keine Störungen ereigneten.

Für das Jahr 1917 ist abweichend vom Vorjahre die gesetzliche Dauer der Sommerzeit in Deutschland vom 16. April bis 17. September festgesetzt worden, um eine noch bessere Anpassung an die Sonnenaufgangszeiten zu erzielen. Auch vollzog sich der Übergang zur Sommerzeit nicht um Mitternacht, sondern um 2^h morgens, zur Zeit des schwächsten Verkehrs.

Es hat übrigens nicht an Vorschlägen gefehlt, wie sich der Übergang zur Sommerzeit anders vollziehen lasse als durch Überspringen einer Stunde (bzw. durch Doppeltzählen bei Wiederherstellen der alten Zeit). Einer dieser Vorschläge ging dahin, die Uhren, statt mit einem Male um 1 Stunde, an 60 aufeinanderfolgenden Tagen um je 1 Minute vor- bzw. nachzustellen. Als ob dadurch die durch das Umstellen der Uhren verursachten Störungen nicht viel größer wären!

Ausschlaggebend für die Einführung der Sommerzeit ist die Erwägung gewesen, daß durch sie eine beträchtliche Menge Licht, also Energie, gespart wird und wir bei den herrschenden Verhältnissen keine Möglichkeit zur Sparsam-

keit unbenutzt vorübergehen lassen dürfen. Da sich nämlich das bürgerliche Leben in den Städten hauptsächlich in der Zeit von morgens 8^h bis abends 10^h abspielt, so entfallen auf den Nachmittag und Abend sechs volle Stunden mehr als auf den Vormittag. Und sehr häufig wird das Verhältnis zwischen den Vormittags- und Nachmittagsstunden noch ungleicher sein. Wenn wir nun nach mitteleuropäischer Zeit rechnen, wird die Zeit 12^h nicht allzusehr von dem wahren Mittag abweichen, in Berlin in den Sommermonaten um noch nicht eine Viertelstunde, und daher wird die Sonne schon längst aufgegangen sein, wenn wir unser Tagewerk beginnen, aber früher untergehen, als wir es beschließen. Es wäre also zweckmäßiger, wir paßten unser Leben mehr dem Laufe der Sonne an, stünden früher auf und gingen früher schlafen, wie es ja bekanntlich die arbeitende Landbevölkerung tut. Durch die Einführung der Sommerzeit ist dieses erreicht worden, indem wir eine Stunde früher unsere Arbeit beginnen und naturgemäß auch eine Stunde früher beenden. Wir sagen naturgemäß, und doch ist bei den vielen Erörterungen der Sommerzeit durch die Tagespresse gelegentlich behauptet worden, durch den früheren Beginn der Tagesarbeit würde die Zahl der Stunden, während derer sich unser Tageswerk abspielt, nur um eine vermehrt, es würde also nichts gewonnen. Die das behaupten, vergessen, daß unser Leben durch Zahlen beherrscht wird. Wir sind gewohnt, nach der Uhr unsere Arbeit zu beginnen und zu einer bestimmten Stunde schlafen zu gehen. Wie die Uhr dabei geht, ob sie Sommerzeit oder mitteleuropäische Zeit anzeigt, ist uns im Grunde ganz gleichgültig. Die Regierung hat daher in Erkenntnis dieser Tatsache angeordnet, daß die Uhren eine Stunde vorgestellt würden, und nicht, was auf dasselbe herausgekommen wäre, daß wir im Sommer eine Stunde früher die Arbeit beginnen sollen. Das letztere hätte nicht für das gesamte bürgerliche Leben bindende Kraft gehabt und tatsächlich zu einer Verlängerung der Tagesstunden geführt. Nicht nur aus Gründen der Sparsamkeit, sondern auch aus hygienischen Gründen hat die Sommerzeit so viel Vorteile, daß man sie wahrscheinlich künftig auch im Frieden beibehalten wird. Den Vorteilen, die die Sommerzeit bietet, haben sich viele andere Länder nicht verschließen können, und sie sind dem Beispiele Deutsch-

lands gefolgt und haben auch ihrerseits die Uhren eine Stunde vorgestellt.

Durch die Einführung der Sommerzeit in Deutschland ist eine Änderung der Zeitsignale der deutschen Zeitballstationen notwendig geworden. Bisher gaben diese Stationen außer dem Greenwicher Mittag, der für die Schiffahrt maßgebend ist, noch den Mittag nach mitteleuropäischer Zeit an. Während der gesetzlichen Dauer der Sommerzeit fällt nun diese Zeitangabe fort, und an ihre Stelle tritt ein Zeitsignal in dem Augenblick, wo es nach Sommerzeit 12^h ist. Der Zeitball fällt also das erstemal um 12^h Sommerzeit $= 11^h$ MEZ $= 10^h$ Greenwicher Zeit und das zweitemal zwei Stunden später, um 2^h Sommerzeit $= 1^h$ MEZ $= 12^h$ Greenwicher Zeit.

15. Zusammenfassung. Wir wollen noch einmal kurz zusammenfassen, wie man aus der wahren Sonnenzeit die gesetzliche Zeit findet. Uns interessiert dabei bloß die mitteleuropäische Zeit und die Sommerzeit. Durch Hinzufügen der Zeitgleichung (mit dem richtigen Vorzeichen) erhalten wir die mittlere Sonnenzeit. Bezeichnen wir die wahre Sonnen- oder Ortszeit mit w, die Zeitgleichung mit z, dann ist also die *mittlere* Sonnen- oder Ortszeit:

$$\mathrm{OZ} = w + z.$$

Hieraus finden wir die mitteleuropäische Zeit, wenn wir die geographische Länge des Ortes berücksichtigen. Für einen Ort 15^0 östlich von Greenwich stimmt die Ortszeit mit der mitteleuropäischen Zeit überein, daher ist für einen Ort auf dem Meridian von Greenwich die mitteleuropäische Zeit gleich der Ortszeit $+ 1^h$. Und für einen Ort, der l^0 östlich von Greenwich liegt, beträgt der Unterschied zwischen mitteleuropäischer und Ortszeit $1^h - l$, wo l die in Zeitmaß umgerechnete geographische Länge ist.[1] Wir haben also: Mitteleuropäische Zeit (MEZ) $=$ OZ $+ 1^h - l$ oder

$$\mathrm{MEZ} = w + z - l + 1^h.$$

Wollen wir dagegen wahre Sonnenzeit in Sommerzeit umrechnen, so haben wir zu bedenken, daß, wenn es nach mitteleuropäischer Zeit 12^h ist, es nach Sommerzeit bereits 1^h ist.

---

1) $15^0 = 1^h$, $1^0 = 4^m$, $1' = 4^s$ (vgl. S. 12).

Demnach haben wir für Sommerzeit (SZ):

$$SZ = w + z - l + 2^h.$$

Ergibt die Rechnung ein negatives Resultat, dann hat man 12^h zu addieren.

16. Schluß. Wir wollen nun die Frage aufwerfen, ob man es einrichten kann, daß eine Sonnenuhr, die doch bekanntlich wahre Sonnenzeit anzeigt, auch mitteleuropäische oder Sommerzeit anzeigen kann. Die Frage ist in dieser Allgemeinheit zu verneinen. Wohl aber läßt es sich einrichten, daß die Sonnenuhr bis auf eine Viertelstunde genau die gesetzliche Zeit anzeigt. Allerdings machen wir dabei die Voraussetzung, daß die Sonnenuhr an demselben Orte bleibt, wie es ja in den allermeisten Fällen zutreffen wird. Dann können wir zunächst bewirken, daß die Sonnenuhr die wahre Sonnenzeit eines Ortes 15^0 östlich von Greenwich anzeigt. Dazu müssen wir die geographische Länge des Ortes kennen, an dem sich die Sonnenuhr befindet, oder einfacher bloß den Längenunterschied des Ortes von 15^0 östlicher Länge. Es sei dieser Längenunterschied λ. Dann haben wir bei der Konstruktion des Zifferblattes (s. Fig. 5) nicht an die Nordsüdrichtung von Q aus Winkel von 15^0 anzutragen, sondern von einer anderen Richtung, die mit der Nordsüdrichtung den Winkel λ einschließt. Ist λ positiv, dann wird der Winkel an QS nach links angetragen, im anderen Falle nach rechts. In der Zeichnung ist der Winkel $AQS = \lambda = 1^2/_3{}^0$, weil Berlin ungefähr $13^1/_3{}^0$ östlich von Greenwich liegt. In diese Richtung fällt der Schatten der Sonne um 12^h nach Görlitzer wahrer Sonnenzeit. Zur Probe können wir auch so sagen: wenn es in Görlitz Mittag ist, ist es in Berlin noch Vormittags, die 12^h-Linie fällt mithin nach Berliner Zeit zwischen 11^h und 12^h, was in der Tat stimmt. Schreiben wir nun an diese Linie 12^h und konstruieren weiter, wie auf den S. 18 und 19 beschrieben worden ist, dann erhalten wir ein Zifferblatt, auf dem die Sonnenuhr mitteleuropäische *wahre* Sonnenzeit anzeigt. Für die Sommerzeit bleibt die Gestalt des Zifferblattes dieselbe, wir haben nur alle Zahlen um eins zu vergrößern. An die Stelle von 11 schreiben wir 12, an die Stelle von 12 natürlich 1 usw. Nun fehlt bloß noch die Korrektur auf mittlere Zeit, und diese können wir nicht an-

bringen, weil sie von Tag zu Tag verschieden ist. Der Fehler ist aber nicht sehr beträchtlich, denn wie aus der graphischen Darstellung der Zeitgleichung auf S. 34 erkennbar ist, beträgt er weniger als 17 Minuten.

Auf S. 7 hatten wir behauptet, daß die häufig angegebene Regel, nach der man mittels einer Taschenuhr und der Sonne die Nordsüdrichtung findet, falsch ist. Wir wollen jetzt den Beweis für diese Behauptung führen. Die Regel beruht darauf, daß der kleine Zeiger sich *zwei*mal herumgedreht hat, wenn sich die Sonne *ein*mal um die Erde herumgedreht hat. Der Winkel, den der kleine Zeiger während einer Anzahl von Stunden beschreibt, ist also doppelt so groß wie der Stundenwinkel der Sonne. Das ist vollkommen richtig. Nun soll aber die Uhr horizontal so gehalten werden, daß der kleine Zeiger und die Sonne in einer vertikalen Ebene liegen, und dann soll die Mitte zwischen 12 und der Stellung des kleinen Zeigers die Nordsüdrichtung liefern. Dabei wird nun zunächst das Azimut der Sonne mit dem Stundenwinkel verwechselt, denn die Sonne bewegt sich nicht in einer horizontalen Ebene, sondern in einer Parallelebene zum Äquator, und gleichen Stundenwinkeln entsprechen sehr ungleiche Azimutunterschiede. Die Unterschiede sind zur Mittagszeit größer als zur Zeit des Auf- und Unterganges der Sonne.[1]) Dann aber stimmt die Regel auch nur, wenn die Taschenuhr wahre Sonnenzeit anzeigt. Dies dürfte aber in der Regel kaum der Fall sein. Solange die mitteleuropäische Zeit in Deutschland in Geltung war, konnte man sich immerhin noch einigermaßen nach der Regel orientieren. Recht bedenklich wird aber die Sache, wenn die Taschenuhren nach Sommerzeit gehen. Wollte man also eine Regel angeben, die Anspruch auf Richtigkeit hat, dann müßte man so sagen: Man stellt die nach Sommerzeit gehende Uhr zunächst eine Stunde zurück, damit sie mitteleuropäische Zeit angibt; dann bringt man sie unter Berücksichtigung des Längenunterschiedes von Görlitz auf mittlere Ortszeit und endlich unter Benutzung der Zeitgleichung auf wahre Ortszeit. Nun hält man die Ebene des Zifferblattes parallel zur Ebene des Äquators und dreht die Uhr in dieser Ebene so lange, bis der kleine Zeiger und die Sonne in einer zum Äquator senkrechten Ebene liegen. Bestimmt man alsdann die Mitte zwischen der Stellung des kleinen Zeigers und der Zahl 12, so enthält die durch sie hindurchgehende zum Äquator senkrechte Ebene die gesuchte Nordsüdrichtung. Da es aber gar nicht möglich ist, die Ebene des Zifferblattes in die gewünschte Richtung zu bringen, ohne die Nordsüdrichtung bereits zu kennen, so wird die ganze Regel hinfällig. Wir haben damit bewiesen, daß man allein mittels einer Taschenuhr und der Sonne die Nordsüdrichtung nicht bestimmen kann.

Wir sind am Ende unserer Darstellung, die uns gezeigt hat, wie die bürgerliche Zeit eine Folge der täglichen und

1) Auf S. 31 haben wir eine ähnliche Betrachtung ausgeführt. Wir verweisen den Leser zum besseren Verständnis auf diese Stelle.

jährlichen Bewegung der Gestirne ist. Es gibt astronomische Kunstuhren, die aufs genaueste die Bewegungen der Gestirne und der Erde um die Sonne darstellen, wobei auch kleine Veränderungen, wie das Rückwärtsgehen des Frühlingspunktes, berücksichtigt sind. Die vollkommenste dieser Uhren befindet sich im Straßburger Münster; das jetzige Uhrwerk ist von Schwilgué erbaut und seit 1842 in Betrieb. Uns interessiert hier besonders, daß an dieser Uhr auch die Zeitgleichung dargestellt wird; auf mechanischem Wege wird die mittlere Zeit in wahre verwandelt. Die Hauptuhr zeigt mittlere Ortszeit an, die hinter der mitteleuropäischen um 29 Minuten zurückbleibt. Als im Sommer 1916 nach Einführung der Sommerzeit der Unterschied zwischen der Straßburger Uhr und der gesetzlichen Zeit 1 Stunde 29 Minuten betrug, hat man sich entschlossen, auch dieses Kunstwerk dem Wandel der Zeiten anzupassen, und die Uhr um eine Stunde vorgestellt. Dadurch ist der Unterschied wieder auf den früheren Betrag gebracht worden.

